



**SKRIPSI ME 141501**

**ANALISA KINEMATIK DAN DINAMIS FLOATING  
WAVE BEBERAPA BENTUK PROFIL PELAMPUNG  
UNTUK PENGEMBANGAN ENERGY GELOMBANG  
LAUT**

Elvan Fajril Ibad  
NRP 4213 105 027

Dosen Pembimbing  
Irfan Syarif Arief, ST, MT  
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016



**SKRIPSI - ME 141501**

**ANALISA KINEMATIK DAN DINAMIS FLOATING  
WAVE BEBERAPA BENTUK PROFIL PELAMPUNG  
UNTUK PENGEMBANGAN ENERGY GELOMBANG  
LAUT**

**ELVAN FAJRIL IBAD  
NRP 4213 105 027**

**Dosen Pembimbing :  
Irfan Syarif Arief, ST, MT  
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**



**FINAL PROJECT - ME 091329**

**ANALYSIS OF KINEMATIC AND DYNAMIC SOME  
FORM OF FLOATING WAVE PROFILE FLOAT  
FOR SEA WAVE ENERGY DEVELOPMENT**

**ELVAN FAJRIL IBAD  
NRP 4213 105 027**

**Supervisor :  
Irfan Syarif Arief, ST, MT  
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD**

**DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF OCEAN TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2016**



## LEMBAR PENGESAHAN

### **ANALISA KINEMATIK DAN DINAMIS FLOATING WAVE BEBERAPA BENTUK PROFIL PELAMPUNG UNTUK PENGEMBANGAN ENERGY GELOMBANG LAUT**

#### **SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada

Bidang Studi *Marine Manufacture And Design (MMD)*  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Elvan Fajril Ibad**  
NRP 4213 105 027

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi :

**Irfan Syarif Arief, ST, MT,**

NIP : 1969 1225 1997 02 1001

**Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD**

NIP : 1959 0410 1987 01 1001

**SURABAYA**

**Januari, 2016**

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALYSIS OF KINEMATIC AND DYNAMIC SOME FORM OF FLOATING WAVE PROFILE FLOAT FOR SEA WAVE ENERGY DEVELOPMENT

#### SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Marine Manufacture And Design* (MMD)

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Elvan Fajril Ibad**

**NRP 4213 105 027**

Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST, MT

**NIP : 1977 0802 2008 01 1007**



**SURABAYA**

**Januari, 2016**

# ANALISA KINEMATIK DAN DINAMIS FLOATING WAVE BEBERAPA BENTUK PROFIL PELAMPUNG UNTUK PENGEMBANGAN ENERGY GELOMBANG LAUT

Nama Mahasiswa : Elvan Fajril Ibad  
NRP : 4213 105 027  
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan  
Dosen Pembimbing : 1. Irfan Syarif Arief, ST, MT  
2. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD

## Abstrak

Lengan angguk atau *floating wave* adalah sebuah alat atau simulator yang dapat mengkonversikan energi gelombang air laut menjadi suatu energi listrik. Alat ini akan mengangguk – angguk jika terkena gelombang dari air laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi panjang lengan terhadap gaya yang dihasilkan serta untuk mengetahui besarnya energi gelombang terhadap variasi periode. Alat ini bekerja dengan menggunakan sensor yang disebut *Force Sensor and Measurement System* serta membutuhkan waktu yang tidak sedikit dalam melakukan penelitian tersebut. Dengan menggunakan tiga variasi ukuran panjang lengan dan bentuk profil pelampung didapatkan nilai gaya yang besar yaitu pada panjang lengan dengan ukuran 30 cm, pada profil 1 dengan syarat air  $\frac{1}{4}$ . Sedangkan energi gelombang yang besar terjadi pada panjang lengan dengan ukuran 30 cm pada profil 2 dengan syarat air  $\frac{3}{4}$ .

**Kata kunci :** *floating wave, force sensor dan Measurement System*



# **ANALYSIS OF KINEMATIC AND DYNAMIC SOME FORM OF FLOATING WAVE PROFILE FLOAT FOR SEA WAVE ENERGY DEVELOPMENT**

Student Name : Elvan Fajril Ibad  
NRP : 4213 105027  
Department : Marine Engineering  
Supervisor : 1. Irfan Syarif Arief, ST, MT  
2. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD

## **Abstract**

Arm bobbing or floating wave is a device or simulator that can convert sea wave energy into an electrical energy . This tool will nod - nod if hit by a wave of sea water . This study aims to determine the effect of variations in the long arm of the force generated and to determine the magnitude of the variation period wave energy . This tool works by using a sensor called Force Sensor and Measurement System and requires substantial time in doing such research. By using three variations of arm length and profile shapes float values obtained great style that is at arm's length with a size of 30 cm , the profile 1 on the condition of water  $\frac{1}{4}$  wave energy .Sedangkan occur at arm's length by 30 cm in size 2 with a profile  $\frac{3}{4}$  water requirement .

***Key word : floating wave, force sensor end Measurement System***

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillahirobbil'alamin*, puji syukur kehadiran Allah SWT atas karunia hidayah, rahmat, dan bimbingan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Analisa Kinematik Dan Dinamis Floating Wave Beberapa Bentuk Profil Pelampung Untuk Pengembangan Energy Gelombang Laut**”

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materiil sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Secara khusus penulis sampaikan terima kasih kepada :

1. Ayah, Ibu, dan semua anggota keluarga penulis yang telah memberikan biaya, motivasi dan doa untuk penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Dr. Eng. M.Badrus Zaman,ST. MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
3. Bapak Benny Cahyono,ST, MT selaku dosen wali penulis.
4. Bapak Irfan Syarif Arief, ST, MT dan Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD selaku dosen pembimbing skripsi pertama dan kedua.
5. Teman-teman dan segenap pengurus Laboratorium Desain & 3D Model Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.



6. Teman-teman seperjuangan skripsi pada bidang MMD, yang bersedia meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan saling menyemangati.
7. Teman-teman tercinta jurusan Teknik Sistem Perkapalan Lintas Jalur LJ angkatan 2013 terima kasih atas motivasi dan dukungannya.
8. Teman – teman kos seperjuangan yang selalu support dan memotivasi penulis.
9. Dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis merasakan bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun akan sangat diharapkan oleh penulis. Akhir kata, semoga semua ini mendapat berkah dan rahmat dari Allah SWT dan dapat bermanfaat bagi para pembaca maupun penulis untuk bahan studi dan review selanjutnya di masa mendatang. Mohon maaf atas kekhilafan.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

|                        |      |
|------------------------|------|
| Halaman Judul_id.....  | i    |
| Halaman Judul_en.....  | iii  |
| Lembar Pengesahan..... | v    |
| Lembar Pengesahan..... | vii  |
| Abstrak.....           | ix   |
| Abstract.....          | xi   |
| Kata Pengantar.....    | xiii |
| Daftar Isi.....        | xv   |
| Daftar Gambar.....     | xvii |
| Daftar Tabel.....      | xx   |

### BAB I PENDAHULUAN

|                            |   |
|----------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang.....    | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah.....   | 4 |
| 1.3 Batasan Masalah.....   | 4 |
| 1.4 Tujuan.....            | 4 |
| 1.5 Manfaat Penulisan..... | 5 |

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

|  |    |
|--|----|
| 2.1 Energi Laut.....                             | 7  |
| 2.1.1 Definisi Gelombang Ombak.....              | 7  |
| 2.1.2 Proses Pembangkitan Gelombang Di Laut..... | 8  |
| 2.2 Jenis-Jenis Gelombang.....                   | 11 |
| 2.2.1 Jenis Gelombang Menurut Arah Getarnya..... | 11 |
| 2.2.2 Jenis Gelombang Menurut Amplitudo.....     | 14 |
| 2.2.2 Jenis Gelombang Menurut Medium Perantara.. | 14 |
| 2.3 Besaran-Besaran pada Gelombang.....          | 18 |
| 2.4 Macam-macam Gelombang Laut.....              | 18 |
| 2.2.1 Gelombang Laut Akibat Angin.....           | 19 |

|   |    |
|---|----|
| 2.2.2 Gelombang Laut Akibat Pasang Surut .....  | 19 |
| 2.2.3 Gelombang Laut Akibat Tsunami .....       | 19 |
| 2.5 Teori Gelombang                             |    |
| 2.5.1 Gelombang Regular (Linear Wave) .....     | 20 |
| 2.5.2 Gelombang Irregular (Unlinear Wave) ..... | 28 |
| 2.6 Energi Gelombang Laut                       |    |
| 2.6.1 Oscillating Wave Column .....             | 33 |
| 2.6.2 Wave Dragon / Overtopping .....           | 34 |
| 2.6.3 The Archimedes Wave Swing (AWS) .....     | 37 |
| 2.7 Tahanan Profil .....                        | 37 |
| 2.8 Stabilitas Statis .....                     | 39 |
| 2.8.1 Titik G .....                             | 39 |
| 2.8.2 Titik B Kapal .....                       | 40 |
| 2.8.3 Titik M Kapal .....                       | 41 |

### **BAB III METODOLOGI**

|   |    |
|---|----|
| 3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah .....  | 42 |
| 3.2 Studi Literatur .....                     | 42 |
| 3.3 Pembuatan Model .....                     | 43 |
| 3.3.1 Peralatan dan Bahan Uji Coba .....      | 43 |
| 3.3.2 Pembuatan Sensor .....                  | 43 |
| 3.4 Pengujian Model dan Pencatatan Data ..... | 45 |
| 3.7 Dokumentasi .....                         | 46 |

### **BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

|   |    |
|---|----|
| 4.1 Umum .....                            | 47 |
| 4.2 Langkah-Langkah Percobaan .....       | 51 |
| 4.2.1 Persiapan Peralatan dan Bahan ..... | 51 |
| 4.2.2 Langkah-Langkah Percobaan .....     | 52 |
| 4.3 Analisa Data Hasil Percobaan .....    | 55 |
| 4.3.1 Data Hasil Percobaan .....          | 55 |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.4 Validasi Data Hasil Percobaan .....                        | 60        |
| 4.4.1 Data Dari Hasil Validasi .....                           | 64        |
| 4.5 Pembahasan .....   | 65        |
| 4.5.1 Grafik Hubungan antara Periode dan Gaya .....            | 66        |
| 4.5.1 Grafik Hubungan antara Periode dan Energi Gelombang..... | 67        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>                              |           |
| 5.1 Kesimpulan.....  | 96        |
| 5.2 Saran .....  | 97        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                    | <b>99</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>  |           |
| <b>BIODATA PENULIS</b>   |           |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar belakang masalah**

Indonesia adalah Negara kepulauan yang besar, laut Indonesia menyediakan sumber kekayaan alam yang begitu berlimpah ruah. Begitupun dengan Sumber energi yang bisa dihasilkan dari sector lautpun sangat banyak. namun ini juga harus didukung dengan adanya sumber daya manusianya yang mumpuni sehingga kita sebagai penerus generasi yang akan datang harus dapat mencari alternative inovasi solusi pemanfaatan energi lain selain energy yang tidak terbarukan.

Namun jika kita masih bergantung pada energi yang ada dan terbatas (tidak terbarukan), dapat dibayangkan pada masa depan kita akan kesulitan untuk memanfaatkan energi ini karena keterbatasan populasi dari energi tersebut. Dalam perkembangan dari waktu ke waktu ditemukan beberapa alternatif pembangkit energi terbarukan yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Energi terbarukan tersebut diantaranya :

- Energi panas matahari (*solar energy*)
- Energi angin (*wind energy*)
- Energi panas bumi (*geothermal energy*)
- Energi gelombang (*ocean wave energy*)
- Tenaga air (*hydro power*)

Ada banyak sekali potensi pada laut kita yang bisa dan dapat dimanfaatkan, salah satunya yaitu pemanfaatan energi gelombang laut sebagai pembangkit tenaga listrik. Pada dasarnya prinsip kerja teknologi yang memanfaatkan energi gelombang



laut menjadi energi listrik adalah mengakumulasi energi gelombang laut untuk memutar turbin generator. Secara umum, potensi energi laut yang dapat menghasilkan listrik dapat dibagi menjadi 3 jenis energi yaitu energi pasang surut (tidal power), energi gelombang laut (wave energy), dan energi panas laut (ocean thermal energy). Energi pasang surut adalah energi yang dihasilkan dari pergerakan air laut akibat perbedaan pasang surut. Energi gelombang laut adalah energi yang dihasilkan dari pergerakan gelombang laut menuju daratan dan sebaliknya. Sedangkan energi panas laut memanfaatkan perbedaan temperatur air laut di permukaan dan di kedalaman. Meskipun pemanfaatan energi jenis ini di Indonesia masih memerlukan berbagai penelitian mendalam, tetapi secara sederhana dapat dilihat bahwa probabilitas menemukan dan memanfaatkan potensi energi gelombang laut dan energi panas laut lebih besar dari energi pasang surut.

Energi gelombang laut dapat dimanfaatkan untuk membentuk suatu Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) yang nantinya diharapkan dapat mengatasi masalah penanganan penyediaan energi listrik. Selain itu pemanfaatan energi gelombang laut dapat menjadi salah satu alternatif dalam memanfaatkan sumber energi yang ramah lingkungan di Indonesia. Adapun beberapa keunggulan teknologi pembangkit listrik tenaga gelombang yaitu :

- Praktis dan Efisien, karena pembangkit tersebut hanya mengapung di permukaan laut jadi tidak memerlukan area / lahan khusus dan dapat dipasang dimana saja sesuai potensi gelombang laut yang tersedia.
- Mudah dioperasikan, karena penempatannya hanya mengapung di permukaan, jadi daya / energi yang dihasilkan hanya memanfaatkan fluktuasi dan perioda gelombang laut.



- Akrab & ramah lingkungan, tidak ada lahan yang perlu dimodifikasi, tidak memerlukan BBM, tidak bising, tidak ada emisi gas buang dan tidak ada limbah bahkan bisa mengatasi abrasi pantai.
- Cocok untuk daerah kepulauan, karena menggunakan energi primer berupa gelombang laut sebagai ciri khas daerah kepulauan.
- Harga investasi bersaing, karena tidak memerlukan tempat yang khusus pada waktu instalasi dan teknologinya bisa diproduksi secara massal di Indonesia.

Namun dalam memanfaatkan energi gelombang laut tersebut memiliki beberapa kelemahan, diantaranya sangat tergantung dengan karakteristik gelombang yang kadang - kadang bisa menghasilkan energi yang besar terkadang tidak, sehingga pemilihan lokasi harus diperhitungkan dengan tepat. Lokasi yang ideal adalah yang memiliki gelombang konsisten besar dan selanjutnya dilengkapi dengan peralatan yang tahan terhadap cuaca yang buruk. Jika dibandingkan dengan teknologi hijau lainnya seperti matahari dan angin, energi gelombang laut ini memberikan ketersediaan hingga mencapai 90% dengan kawasan tidak terbatas. Selama ada ombak, maka energi listrik bisa didapat. Memang, energi gelombang laut masih memiliki permasalahan yang mesti dipecahkan. Tetapi, dengan pengembangan teknologi lebih lanjut, kita tidak akan terkejut jika energi gelombang laut di masa depan menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang paling penting.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Pada skripsi ini terdapat beberapa perumusan masalah, yaitu bagaimana pengaruh panjang lengan terhadap gaya yang dihasilkan dari gerak lengan angguk serta bagaimana pengaruh dari masing-masing bentuk profil yang berbeda terhadap kinerja lengan angguk untuk membandingkan dengan hasil yang sudah dilakukan sebelumnya.

## **1.3 Batasan Masalah**

Untuk lebih memfokuskan permasalahan yang akan dianalisa dalam penelitian skripsi ini, maka akan dibatasi permasalahan yang akan di bahas sebagai berikut :

- 1.3.1 Variasi panjang lengan
- 1.3.2 Variasi bentuk profil
- 1.3.3 Volume pada bidang profil sama dengan volume profil pembanding
- 1.3.4 Periode gelombang
- 1.3.5 Simulasi menggunakan software

## **1.4 Tujuan Skripsi**

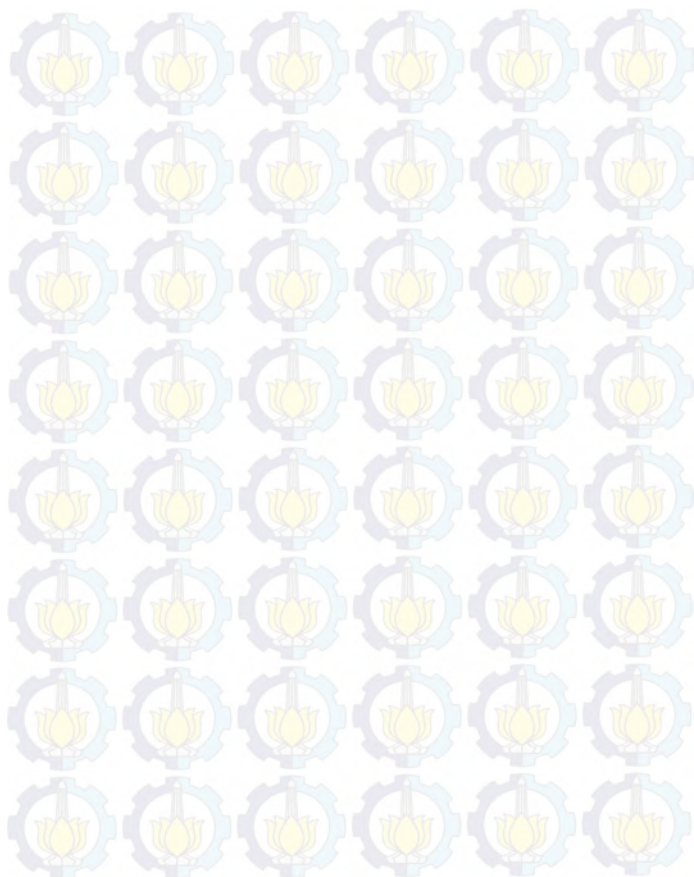
Pada tujuan yang akan dicapai dalam skripsi ini ada 3 macam, yaitu :

- 1.4.1 Untuk mengetahui besarnya energi gelombang terhadap variasi periode.
- 1.4.2 Untuk mengetahui pengaruh variasi panjang lengan terhadap gaya yang dihasilkan.
- 1.4.3 Untuk memperoleh pembanding dari hasil percobaan yang sebelumnya.

## 1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penulisan skripsi ini adalah :

- 1.5.1 Dapat mengetahui pengaruh panjang lengan terhadap periode gelombang pada simulator lengan anguk.
- 1.5.2 Dapat menjadi salah satu alternatif dalam memanfaatkan sumber energi gelombang laut, khususnya di Indonesia.
- 1.5.3 Dapat digunakan sebagai salah satu referensi dalam pemanfaatan maupun pengembangan sumber energi gelombang laut.
- 1.5.4 Energi ini bebas dan tidak memerlukan biaya yang mahal.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Energi Laut**

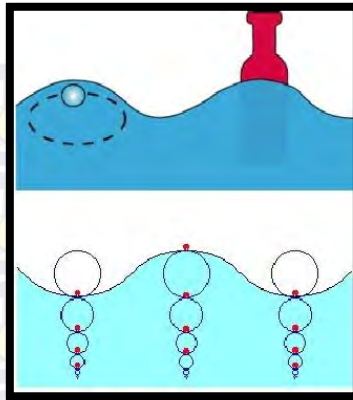
Gelombang merupakan salah satu factor penting di dalam perencanaan pelabuhan, rekayasa pantai dan lepas pantai. Gelombang laut bisa dibangkitkan dengan berbagai macam, mulai dari angin, tarikan lempengan bumi, bahkan karena adanya gerhana, dll. Gelombang / ombak yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan kepada beberapa jenis bergantung kepada daya pencetusnya. Pencetus gelombang laut dapat disebabkan oleh: angin (gelombang angin), daya tarikan bumi-bulan-matahari (gelombang pasang-surut), gempa (vulkanik atau tektonik) di dasar laut (gelombang tsunami), ataupun gelombang yang disebabkan oleh gerakan kapal. Gelombang yang biasanya terjadi dan dikaji dalam bidang teknik pantai adalah gelombang angin dan pasang-surut. Gelombang dapat membentuk dan merusak pantai dan membawa bekas terhadap struktur pantai. Tenaga dari gelombang dapat membangkitkan arus energi dan mempengaruhi pergerakan sedimen dalam arah tegak lurus pantai (*cross-shore*) dan sejajar pantai (*longshore*). Dalam pengkajian bidang teknik pantai, gelombang merupakan faktor utama yang dikenalpasti dalam proses pembentukan struktur pantai.

#### **Definisi gelombang ombak**

Gelombang ombak adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. Gelombang laut biasanya disebabkan oleh angin. Angin di atas lautan memindahkan tenaganya ke permukaan perairan, menyebabkan riak-riak, alunan/bukit, dan



berubah menjadi apa yang kita sebut sebagai gelombang atau ombak.



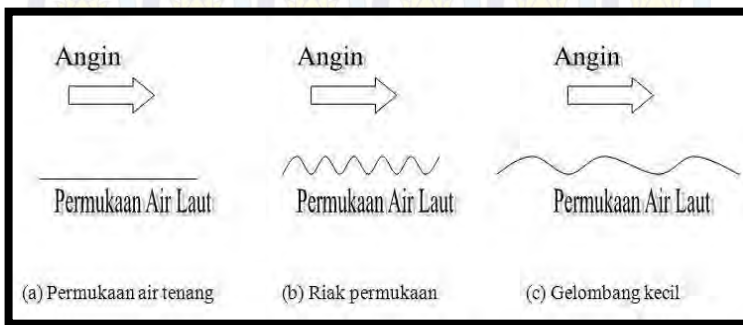
**Gambar 2.1.** *Ilustrasi pergerakan partikel zat cair pada gelombang*

Jika diamati gerakan pelampung di dalam gambar gelombang di atas, sebenarnya pelampung bergerak dalam suatu lingkaran / dalam orbital saat gelombang bergerak naik dan turun. Partikel air berada dalam satu tempat, bergerak di suatu lingkaran, naik dan turun dengan suatu gerakan kecil dari sisi satu kembali ke sisi semula. Gerakan ini memberi gambaran suatu bentuk gelombang. Pelampung yang mengapung di air pindah ke pola yang sama, naik turun di suatu lingkaran yang lambat, yang dibawa oleh pergerakan air. Di bawah permukaan, gerakan putaran gelombang itu semakin mengecil. Pergerakan orbital yang mengecil seiring dengan kedalaman air, sehingga kemudian di dasarnya hanya akan meninggalkan suatu gerakan kecil mendatar dari sisi ke sisi yang disebut “surge”.



## Pembangkitan Gelombang Di Laut.

Terbentuknya pembangkitan gelombang di laut oleh gerakan angin belum sepenuhnya dapat dimengerti, atau dapat dijelaskan secara terperinci. Tetapi menurut analisis, gelombang terjadi karena hembusan angin secara teratur, terus-menerus, di atas permukaan air laut. Hembusan angin yang demikian akan membentuk gelombang pada permukaan, yang bergerak kira-kira searah dengan hembusan angin (lihat Gambar).



**Gambar 2.2** . Proses pembentukan gelombang akibat hembusan angin.

Bila angin masih terus berhembus dalam waktu yang cukup panjang dan meliputi jarak permukaan laut (*fetch*) yang cukup besar, maka riak air akan tumbuh menjadi gelombang. Pada saat yang bersamaan riak permukaan baru akan terbentuk di atas gelombang yang terbentuk, dan selanjutnya akan berkembang menjadi gelombang – gelombang baru tersendiri. Proses yang demikian tentunya akan berjalan terus menerus (kontinyu), dan bila gelombang diamati pada waktu dan tempat tertentu, akan terlihat sebagai kombinasi perubahan-perubahan panjang gelombang dan tinggi gelombang yang saling bertautan. Komponen gelombang secara individu masih akan mempunyai sifat-sifat seperti gelombang pada kondisi ideal, yang tidak

terpengaruh oleh gelombang-gelombang lain. Sedang dalam kenyataannya, sebagai contoh, gelombang-gelombang yang bergerak secara cepat akan melewati gelombang-gelombang lain yang lebih pendek (lamban), yang selanjutnya mengakibatkan terjadinya perubahan yang terus-menerus bersamaan dengan gerakan gelombang-gelombang yang saling melampaui.

Jelasnya gelombang-gelombang akan mengambil energi dan angin. Penyerapan energi ini akan dilawan dengan mekanisme peredam, yaitu pecahnya gelombang dan kekentalan air. Bila angin secara kontinyu berhembus dengan kecepatan yang tetap untuk waktu dan *'fetch'* yang cukup panjang, maka jumlah energi yang terserap oleh gelombang akan diimbangi dengan energi yang dikeluarkan sehingga suatu sistem 'gelombang sempurna' (*fully developed waves*) akan tercapai. Sistem gelombang demikian sebenarnya jarang dijumpai karena kondisi *'steady'* tidak sering terjadi, dan *juga 'fetch'* kadang-kadang dibatasi oleh kondisi geografi lingkungan. Bilamana angin berhenti berhembus, sistem gelombang yang telah terbentuk akan segera melemah. Karena gelombang pecah adalah merupakan mekanisme yang paling dominan, maka gelombang pendek dan lancip, akan menghilang terlebih dulu, sehingga tinggal gelombang-gelombang panjang yang kemudian menghilang oleh gaya-gaya kekentalan, yang pada dasarnya lebih kecil dari gelombang pecah. Proses pelemahan (menghilangnya) gelombang mungkin mencapai beberapa hari, yang bersamaan dengan itu gelombang-gelombang panjang sudah bergerak dan menempuh jarak ribuan kilometer, yang pada jarak yang cukup jauh dan tempat mulainya gelombang akan dapat diamati sebagai alun (*swell*). Alun biasanya mempunyai periode yang sangat panjang, dan bentuknya cukup beraturan (*regular*). Sistem gelombang yang terbentuk secara lokal mungkin akan dipengaruhi oleh alun yang terbentuk dan

tempat yang jauh yang tentu saja tidak ada kaitannya dengan angin lokal.

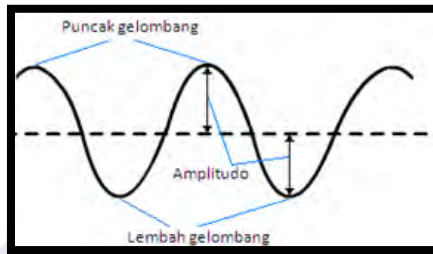
## 2.2 Jenis – jenis Gelombang

Gelombang adalah bentuk dari getaran yang merambat pada suatu medium. Akan tetapi tidak semua gelombang memerlukan medium perambatan. Pada gelombang yang merambat adalah gelombangnya, bukan zat medium perantaranya. Satu gelombang dapat dilihat panjangnya dengan menghitung jarak antara lembah dan bukit (gelombang transversal) atau menghitung jarak antara satu rapatan dengan satu renggangan (gelombang longitudinal). Cepat rambat gelombang adalah jarak yang ditempuh oleh gelombang dalam waktu satu detik.

### 2.2.1 Jenis gelombang menurut arah getarnya

#### a. Gelombang Transversal

Suatu gelombang dapat dikelompokkan menjadi gelombang transversal jika partikel - partikel mediumnya bergetar ke atas dan ke bawah dalam arah tegak lurus terhadap gerak gelombang. Contoh gelombang transversal adalah gelombang tali. Ketika kita menggerakkan tali naik turun, tampak bahwa tali bergerak naik turun dalam arah tegak lurus dengan arah gerak gelombang. Bentuk gelombang transversal tampak seperti gambar di bawah.



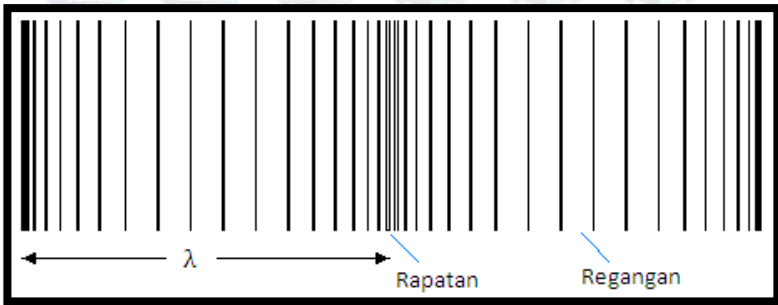
Gambar 2.3. Bentuk Gelombang Transversal

Berdasarkan gambar di atas, tampak bahwa gelombang merambat ke kanan pada bidang horisontal, sedangkan arah getaran naik-turun pada bidang vertikal. Garis putus-putus yang digambarkan di tengah sepanjang arah rambat gelombang menyatakan posisi setimbang medium (*misalnya tali atau air*). Titik tertinggi gelombang disebut **puncak** sedangkan titik terendah disebut **lembah**. **Amplitudo** adalah ketinggian maksimum puncak atau kedalaman maksimum lembah, diukur dari posisi setimbang. Jarak dari dua titik yang sama dan berurutan pada gelombang **disebut panjang gelombang** ( $\alpha$  disebut *lambda - huruf yunani*). Panjang gelombang juga bisa juga dianggap sebagai jarak dari puncak ke puncak atau jarak dari lembah ke lembah (*jarotganteng.blog.uns.ac.id*). Contoh lain dari gelombang transversal yaitu gelombang permukaan air gelombang cahaya, dll.

#### b. Gelombang Longitudinal

Selain gelombang transversal, terdapat juga gelombang longitudinal. Jika pada gelombang transversal arah getaran

medium tegak lurus arah rambatan, maka pada gelombang longitudinal, arah getaran medium sejajar dengan arah rambat gelombang. Jika bingung dengan penjelasan ini, bayangkanlah getaran sebuah pegas. *Perhatikan gambar di bawah*



**Gambar 2.4. Bentuk Gelombang Longitudinal**

Pada gambar di atas tampak bahwa arah getaran sejajar dengan arah rambatan gelombang. Serangkaian **rapatan** dan **regangan** merambat sepanjang pegas. **Rapatan** merupakan daerah di mana kumparan pegas saling mendekat, sedangkan **regangan** merupakan daerah di mana kumparan pegas saling menjahui. Jika gelombang transversal memiliki pola berupa puncak dan lembah, maka gelombang longitudinal terdiri dari pola rapatan dan regangan. **Panjang gelombang** adalah jarak antara rapatan yang berurutan atau regangan yang berurutan. Yang dimaksudkan di sini adalah jarak dari dua titik yang sama dan berurutan pada rapatan atau regangan (*lihat contoh pada gambar di atas*).

Salah satu contoh gelombang longitudinal adalah gelombang suara di udara. Udara sebagai medium perambatan gelombang suara,



merapat dan meregang sepanjang arah rambat gelombang udara. Berbeda dengan gelombang air atau gelombang tali, gelombang bunyi tidak bisa kita lihat menggunakan mata.

## 2.2.2 Jenis gelombang menurut amplitudo dan fasenya

### a. Gelombang Berjalan

Gelombang yang amplitudo dan fasenya sama di setiap titik yang dilalui gelombang.

### b. Gelombang Diam (Stasioner)

Gelombang yang amplitudo dan fasenya berubah (tidak sama) di setiap titik yang dilalui gelombang.

### 2.2.2.1 Teori Gelombang amplitude kecil

Teori yang paling sederhana digunakan untuk menerangkan perambatan gelombang gravitasi dikenal sebagai small amplitude wave theory atau linear wave theory. Teori ini dapat digunakan untuk menganalisa gerakan gelombang, gelombang – gelombang menjalar tanpa terjadi deformasi dan baik profil permukaan maupun kecepatan partikel air membentuk sinusoidal. Oleh karena amplitude gelombang yg terjadi disini jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan panjang gelombangnya maka daerah aliran dapat dijelaskan dengan potensial kecepatan,  $\phi$ , dimana potensial kecepatan ini memenuhi laplace berikut ini:

$$\frac{\delta^2 \phi}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 \phi}{\delta y^2} = 0 \dots\dots\dots 2.1$$

Jika arah perambatan gelombang ke arah sumbu x , maka besarnya potensial kecepatan dan profil gelombang diberikan oleh persamaan berikut:



$$\phi = \frac{\alpha\sigma}{k} + \frac{\cosh k(h+z)}{\sinh kh} \sin k(x-ct) \dots\dots\dots 2.2$$

$$\zeta = a \cos k(x-ct) \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana,

- a = amplitude gelombang ( $a = H/2$ )
- H = tinggi gelombang ( $M$ )
- $\sigma$  = frekuensi angular,  $\sigma = 2\pi/T$
- $\zeta$  = Profil gelombang.
- k = angka gelombang ( $k = 2\pi/L$ )
- L = panjang gelombang ( $M$ )
- c = celery gelombang ( $c = L/T$ )
- T = periode gelombang ( $s$ )

## 2.2.3 Jenis gelombang menurut medium perantaranya

### a. Gelombang Mekanik

Gelombang mekanik merupakan gelombang yang membutuhkan medium untuk berpindah tempat. Gelombang laut, gelombang tali atau gelombang bunyi termasuk dalam gelombang mekanik. Kita dapat menyaksikan gulungan gelombang laut karena gelombang menggunakan laut sebagai perantara. Kita bisa mendengarkan musik karena gelombang bunyi merambat melalui udara hingga sampai ke telinga kita. Tanpa udara kita tidak akan mendengarkan bunyi. Dalam hal ini udara berperan sebagai medium perambatan bagi gelombang bunyi. Gelombang mekanik terdiri dari dua jenis, yakni gelombang transversal (*transverse wave*) dan gelombang longitudinal (*longitudinal wave*).

## b. Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang tidak memerlukan medium untuk merambat dalam ruang hampa. Disini gelombang elektromagnetik ini mempunyai beberapa sifat-sifat antara lain sebagai berikut :

- Gelombang elektromagnetik dapat merambat dalam ruang tanpa medium
- Merupakan gelombang transversal
- Tidak memiliki muatan listrik sehingga bergerak lurus dalam medan magnet maupun medan listrik
- Dapat mengalami pemantulan (refleksi), pembiasan (refraksi), perpaduan (interferensi), pelenturan (difraksi), pengutuban (polarisasi).
- Perubahan medan listrik dan medan magnet terjadi secara bersama, sehingga medan listrik dan medan magnet sefase dan berbanding lurus.

Macam – macam gelombang elektromagnetik dan manfaatnya yaitu :

### a. Gelombang Radio

Gelombang radio merupakan gelombang yang memiliki frekwensi paling kecil atau panjang gelombangnya paling panjang. Gelombang radio berada dalam rentang frekwensi yang luas meliputi beberapa Hz sampai gigahertz. Gelombang radio ini banyak digunakan dalam sistem telekomunikasi, siaran TV, radio, dan jaringan seluler menggunakan gelombang radio ini pula. Sistem telekomunikasi menggunakan gelombang radio ini sebagai pembawa sinyal informasi yang pada dasarnya terdiri dari antenna pemancar dan antena penerima.

#### b. Gelombang Mikro

Gelombang mikro adalah gelombang radio dengan frekwensi paling tinggi yaitu diatas 3Ghz, jika gelombang mikro diserap oleh sebuah benda, maka akan muncul efek pemanasan pada benda itu. Maka gelombang mikro ini dapat dimanfaatkan dalam microwave oven untuk memasak makanan dengan cepat dan ekonomis. Gelombang mikro juga dapat dimanfaatkan pada pesawat RADAR (radio detection and ranging), berarti RADAR mencari dan menentukan jejak sebuah benda dengan menggunakan gelombang mikro.

#### c. Sinar Inframerah

Sinar infra merah meliputi daerah frekwensi 1011Hz sampai 1014Hz atau daerah panjang gelombang 10-4 cm sampai 10-1 cm. sinar infra merah ini dihasilkan oleh elektron dalam molekul-molekul yang bergetar karena benda dipanaskan. Jadi setiap benda panas pasti memancarkan sinar infra merah.

#### d. Cahaya Tampak

Cahaya Tampak merupakan spektrum gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat oleh mata manusia. Cahaya tampak ini dapat membantu penglihatan mata kita. Dengan adanya sinar tampak, mata kita dapat melihat benda-benda di sekeliling kita dan dapat dibedakan macam-macam warnanya.

#### e. Sinar Ultraviolet

Sinar ultraviolet mempunyai frekwensi dalam daerah 1015Hz sampai 1016Hz atau dalam daerah panjang gelombang 10-8m - 10-7m, gelombang ini dihasilkan oleh atom dan molekul dalam nyala listrik. Sinar ultraviolet dapat digunakan untuk membunuh mikroorganisme, membantu pertumbuhan tubuh

manusia, dan juga dapat digunakan untuk mengetahui unsur-unsur dalam suatu bahan dengan teknik spektroskopi.

f. Sinar X

Sinar X memiliki panjang gelombang berkisar antara  $10^{11}$  m sampai  $10^8$  m, sinar ini memiliki daya tembus yang cukup kuat yang dapat menembus buku tebal, kayu tebal, bahkan plat logam. Sinar X ini memiliki beberapa sifat antara lain :

- Merambat lurus
- Dapat menghitamkan pelat film
- Dapat mengionkan gas karena memiliki energi tinggi
- Dapat menembus logam tipis
- Tidak dapat dibelokkan oleh medan listrik maupun medan magnet
- Dipancarkan ketika sinar katoda menumbuk logam
- Dapat mengeluarkan elektron – elektron foto dari permukaan logam yang ditumbuhkan

Sinar-X disebut juga sinar rontgen. Dalam bidang kedokteran sinar ini digunakan untuk memotret bagian tulang yang patah, batu ginjal, paru-paru, dan bagian tubuh lainnya. Dalam bidang industri digunakan untuk menemukan cacat las dan bungkus logam. Dalam bidang seni digunakan untuk melihat bagian dalam patung yang tidak terlihat dari luar. Pada bidang sains fisika dapat digunakan untuk mempelajari pola-pola difraksi pada struktur atom suatu bahan sehingga dapat digunakan untuk menentukan struktur bahan tersebut.

g. Sinar Gamma

Sinar gamma memiliki panjang gelombang  $10^{10}$  m sampai  $10^{13}$  m. Sinar gamma merupakan gelombang elektromagnetik



yang mempunyai frekwensi terbesar dan bentuk radioaktif yang dikeluarkan inti-inti atom tertentu. Gelombang ini memiliki energi yang besar yang dapat menembus logam dan beton. Sinar gamma sangat berbahaya untuk manusia karena dapat membunuh sel hidup terutama sinar gamma dengan tingkat energy yang tinggi yang dilepaskan oleh reaksi nuklir seperti ledakan bom nuklir. Ground Penetrating Radar merupakan metode geofisika dengan teknik elektromagnetik untuk mendeteksi objek yang terkubur didalam tanah dan mengevaluasi kedalam objek tersebut.

### 2.3 Besaran terdapat pada Gelombang

Besaran-besaran dalam gelombang hampir sama dengan besaran-besaran yang dimiliki oleh getaran, antara lain, periode, frekuensi, kecepatan, fase, amplitudo. Ada satu besaran yang dimiliki oleh gelombang tetapi tidak dimiliki oleh getaran, yaitu panjang gelombang. **Periode (T)** adalah waktu yang diperlukan benda untuk melakukan satu getaran. Benda dikatakan melakukan satu getaran jika benda bergerak dari titik di mana benda tersebut mulai bergerak dan kembali lagi ke titik tersebut. Satuan periode adalah sekon atau detik. Selain periode juga terdapat **frekuensi (F)** yaitu banyaknya getaran yang dilakukan oleh benda selama satu detik, yang dimaksudkan dengan getaran di sini adalah getaran lengkap. Satuan frekuensi adalah *hertz*.

$$T = \frac{1}{f} \qquad f = \frac{1}{T}$$

## 2.4 Jenis - Jenis Gelombang laut

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung dari gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di laut, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak dan sebagainya.

### 2.4.1 Gelombang Laut Akibat Angin

Gelombang yang disebabkan oleh angin dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Gelombang merupakan factor utama di dalam penentuan tata letak (*layout*) pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai, dan sebagainya.

### 2.4.2 Gelombang Laut Akibat Pasang Surut

Pasang surut juga merupakan faktor yang penting karena bisa menimbulkan arus yang cukup kuat terutama di daerah yang sempit, misalkan di teluk, estuary, dan muara sungai. Selain itu elevasi muka air pasang dan air surut juga sangat penting untuk merencanakan bangunan – bangunan pantai. Sebagai contoh elevasi puncak bangunan pantai ditentukan oleh elevasi muka air pasang untuk mengurangi limpasan air, sementara kedalaman alur pelayaran dan perairan pelabuhan ditentukan oleh muka air surut.



Gelombang besar yang datang ke pantai pada saat air pasang bisa menyebabkan kerusakan pantai sampai jauh ke daratan.

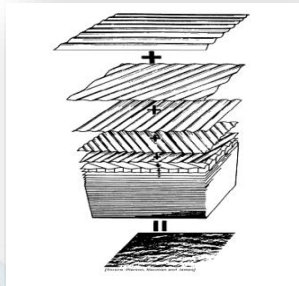
### 2.4.3 Gelombang Laut Akibat Tsunami

Tsunami adalah gelombang yang terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa bumi di laut. Gelombang yang terjadi bervariasi dari 0,5 m sampai 30 m dan periode dari beberapa menit sampai sekitar satu jam. Tinggi gelombang tsunami dipengaruhi oleh konfigurasi dasar laut. Selama penjalaran dari tengah laut (pusat terbentuknya tsunami) menuju pantai, sedangkan tinggi gelombang semakin besar oleh karena pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah pantai tinggi gelombang tsunami dapat mencapai puluhan meter.

## 2.5 Teori Gelombang

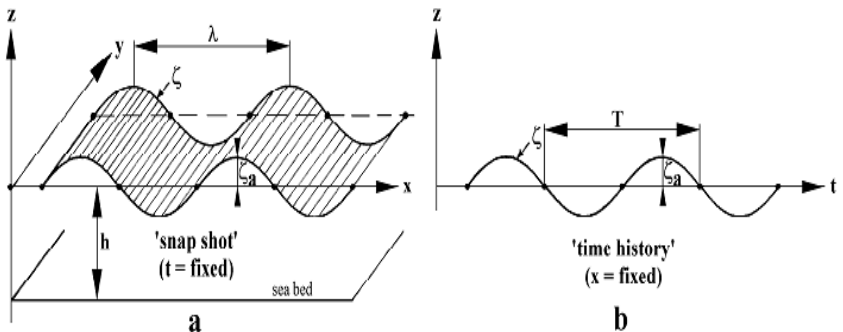
### 2.5.1 Gelombang regullar (Linear wave)

Pada dasarnya gelombang di lautan bukanlah gelombang reguler melainkan gelombang acak. Akan tetapi gelombang acak tersebut merupakan penjumlahan dari beberapa gelombang reguler sehingga menjadi gelombang acak. Perhitungan dengan menggunakan gelombang acak (*irregular waves*) sangat sulit dilakukan, oleh karena itu pengetahuan mengenai gelombang reguler diperlukan untuk mempermudah perhitungan.



**Gambar 2.5.** Sebuah penjumlahan dari beberapa gelombang sinusoidal sederhana yang menghasilkan sebuah gelombang acak.

Titik tertinggi pada gelombang disebut puncak gelombang (*crest*) dan titik terendah pada gelombang disebut lembah gelombang (*trough*).



**Gambar 2.6.** Definisi gelombang harmonik.

Dengan:

- $x$  = arah perambatan gelombang positif
- $h$  = kedalaman perairan
- $\lambda$  = panjang gelombang
- $\xi_a$  = amplitudo gelombang
- $H$  = tinggi gelombang  
 $= (H = 2\xi_a)$  untuk gelombang sinusoidal.

|                     |   |
|---------------------|---|
| $T$                 | = periode gelombang                             |
| $\frac{H}{\lambda}$ | = kecuraman gelombang ( <i>wave steepness</i> ) |

Karena gelombang sinus dan kosinus diekspresikan dalam sebuah perbedaan sudut angular, maka panjang dan periode gelombang dikonversi menjadi sudut dengan menggunakan:

Gelombang permukaan (*ocean wave surface*) menyebabkan beban periodik terhadap semua struktur buatan manusia baik itu struktur terapung (*floating structure*) maupun terpancang (*fixed structure*) dan struktur tersebut berada di permukaan ataupun berada di dalam laut.

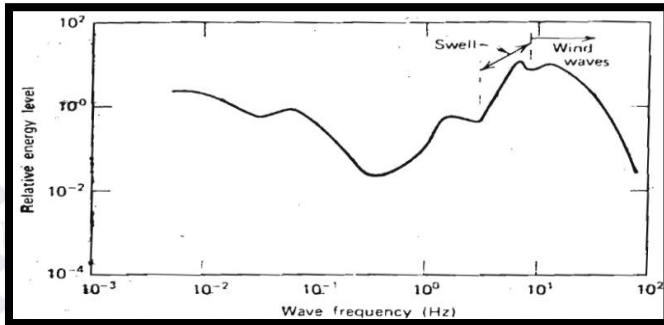
Pembentukan gelombang bisa disebabkan oleh berbagai macam hal, yaitu:

- Gelombang yang dihasilkan oleh sebuah kapal atau struktur terapung lain yang bergerak, baik yang bergerak dengan kecepatan konstan maupun bergerak karena terkena gerakan osilasi.
- Gelombang yang dihasilkan oleh gaya astronomis: pasang surut.
- Gelombang yang diakibatkan oleh gempa bumi atau pergeseran lempeng bumi di dasar laut: tsunami.
- Gelombang yang dihasilkan oleh gerakan fluida yang biasanya terdapat di dalam tangki-tangki; seperti tangki bahan bakar atau tangki kargo pada sebuah kapal.
- Gelombang yang dihasilkan oleh interaksi antara angin dan permukaan laut

Gelombang yang dihasilkan dari interaksi antara angin dan permukaan air laut dibagi menjadi 2 macam, yaitu *sea* dan *swell*.

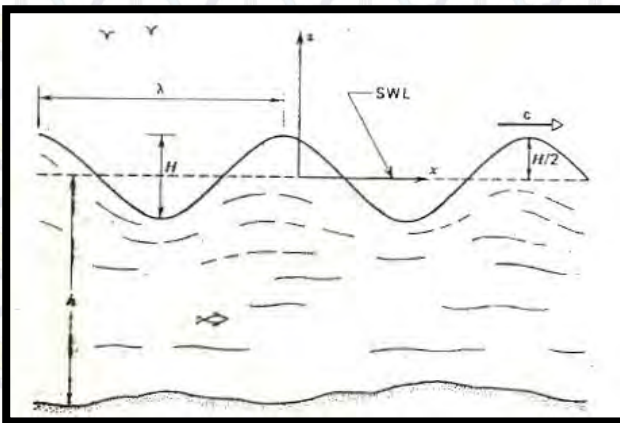
*Sea* adalah rentetan gelombang yang digerakkan oleh angin lokal pada suatu lokasi tertentu. Gelombang ini mempunyai puncak gelombang yang pendek dengan panjang puncak hanya 2-3 kali dari ukuran panjang gelombang. Gelombang ini sangat irreguler; gelombang tinggi yang diikuti dengan gelombang kecil yang tidak terprediksi, begitu juga sebaliknya.

*Swell* adalah salah satu bentuk gelombang yang mempunyai panjang gelombang yang relative cukup besar dan tinggi gelombang yang kecil. Ketika terjadi badai, laut akan menghasilkan berbagai macam gelombang dengan tinggi dan periode yang sangat bervariasi, bagaimanapun juga gelombang ini akan meninggalkan daerah badai, gelombang dengan periode rendah menghilang dan hanya meninggalkan gelombang dengan periode yang tinggi ( yaitu: *swell*). *Swell* adalah gelombang yang paling sering menjadi objek observasi bagi mereka yang umumnya tertarik dengan konversi energi gelombang. Meskipun tinggi gelombang  $H$  lebih kecil dari pada panjang gelombang  $\lambda$ , energy yang dihasilkan dari *swell* relatif cukup tinggi, seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2.7** Grafik perbandingan wave frequency dengan relative energy

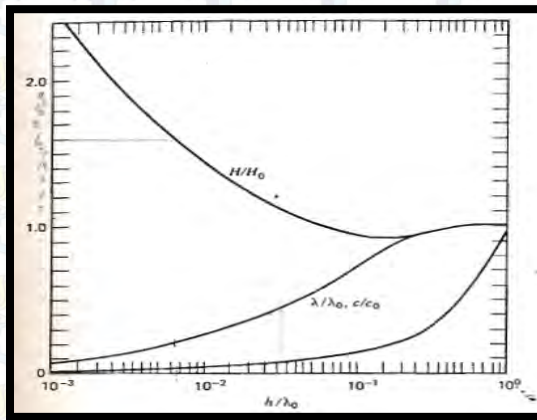
Untuk gelombang dengan rasio tinggi dan panjang gelombangnya adalah  $1/50$  atau lebih kecil, dapat menggunakan linear theory yang mempunyai akurasi cukup tepat dalam memprediksi sifat kinematis dari gelombang. Mengacu pada gambar 2.2.



**Gambar 2.8.** Tatanama dari sebuah gelombang linier yang mempunyai profil sinusoidal.



Dimana  $\tanh(2\pi h/\lambda)$  adalah tangen hiperbolic,  $f$  adalah frekwensi gelombang,  $\omega$  adalah frekwensi gelombang circular ( $2\pi f$ ),  $g$  adalah konstanta gravitasi dan  $h$  adalah kedalaman air laut. Periode  $T$  normalnya dipertimbangkan kepada invarian waktu dan kedalaman. Bagaimanapun, hal ini tidaklah benar karena jarak yang ditempuh gelombang.



**Gambar 2.9.** Sifat gelombang sebagai fungsi dari kedalaman air laut dan rasio kedalaman panjang gelombang yang diprediksi melalui teori gelombang linier.

Pada gambar tersebut terdapat subscript 0 ( $\lambda_0$ ,  $H_0$ , dan  $c_0$ ) semuanya itu terjadi pada air dalam (deep water). Air dalam diasumsikan, ketika kedalamam lebih besar daripada setengah dari panjang gelombang ( $h > \lambda/2$ ). Gelombang yang bersifat individu berjalan pada *phase velocity*  $c$ .

Sifat kinematis dari gelombang linier hanya fungsi dari periode dan kedalaman. Sebagaimana yang telah dijelaskan oleh McCormick (1973), total energi yang terkandung pada sebuah gelombang dapat diperoleh dari persamaan :

$$E = E_p + E_k = \frac{\rho g H^2 \lambda b}{8} \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana :

b = lebar dari puncak gelombang (m)

$\rho$  = massa jenis air laut ( $\text{Kg/m}^3$ )

Sedangkan total energi pada gelombang dilaut dalam, dideskripsikan melalui teori gelombang linier yang terdiri dari energi potensial ( $E_p$ ) dan energi kinetic ( $E_k$ ) yang sama, maka:

$$E_p = E_k = \frac{\rho g H^2 \lambda b}{16} \dots\dots\dots$$

Potensial energi diperlihatkan oleh tinggi gelombang, dimana hal ini menunjukkan bahwa energi kinetik bergantung pada gerakan dari partikel air. Transfer energi dari poin ke poin yang searah dengan dengan perjalanan gelombang, dicirikan oleh *flux energy* atau yang sering disebut dengan *Wave Power*. Yang persamaannya adalah :

$$P = \frac{\rho g H^2 C_g b}{8} \dots\dots\dots$$

Dimana  $C_g$  adalah *group velocity* yang dirumuskan sebagai berikut :

$$C_g = \frac{c}{2} \left( 1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right) = nc \dots\dots\dots$$

Ketika patch sebuah gelombang diamati berjalan pada laut dalam, gelombang akan muncul pada akhir patch, berjalan kedepan kemudian menghilang. Pada kasus patch gelombang di laut dalam, hubungan antara kecepatan phase dan kecepatan grup adalah :

$$C_g = c/2 \text{ (deep water)} \dots\dots\dots$$

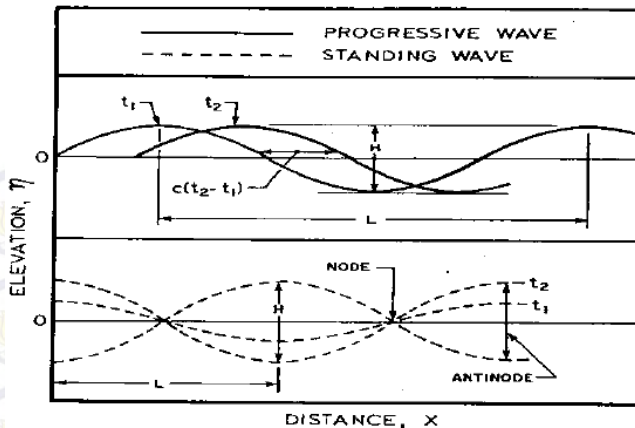
Sedangkan pada kasus laut dangkal :

$$C_g = c \text{ (shallow water)} \dots\dots\dots$$

### 2.5.2 Gelombang Irregular (Unlinear wave)

Gelombang diidealisasikan sebagai bentuk dua dimensi dengan bidang XY. Sumbu X adalah dasar laut yang selalu dianggap datar dan sumbu Y adalah kedalaman ( $d$ ) yang diukur dari *Still Water Level (SWL)*. Pada dasarnya terdapat dua jenis gelombang air, yaitu gelombang bolak-balik (*Oscillatory Wave*) dan gelombang pemindahan (*Translatory Wave*). Perbedaan antara kedua gelombang ini adalah terletak pada pemindahan fluida yang terjadi. Pada gelombang *oscillatory*, pengangkutan fluida yaitu pemindahan dan penempatan massa sama dengan nol, sedangkan pada gelombang *translatory* terjadi pemindahan massa.

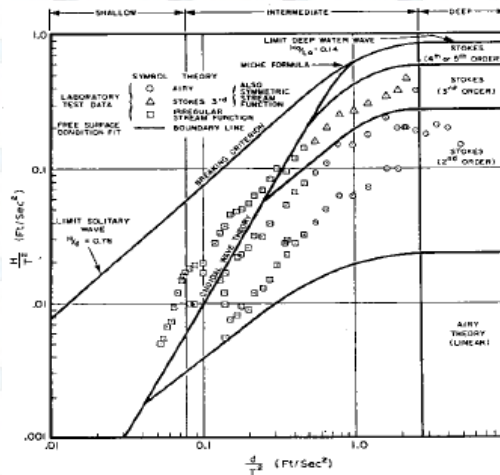
Gelombang *oscillatory* dapat dibedakan menjadi gelombang berjalan (*progressive wave*) dan gelombang diam (*standing wave*). Perbedaan kedua gelombang ini dapat dilihat dengan jelas pada gambar berikut ini.



**Gambar 2.10.** Gelombang progressive dan gelombang standing.

Gelombang *progressive* berjalan sepanjang sumbu  $X$  dengan kecepatan tertentu (kecepatan ini disebut dengan *celerity*). Sebaliknya pada gelombang *standing*, permukaan air mengalami gerakan naik turun diantara titik-titik simpul tanpa mengalami pergerakan searah sumbu  $X$ . Gelombang *standing* dapat dipahami sebagai superposisi dua gelombang *progressive* yang memiliki amplitudo dan periode yang sama, tetapi berjalan dengan kecepatan yang sama dalam arah yang berlawanan sehingga jumlah perjalanan (*net travel*) sama dengan nol dan yang tertinggal hanyalah pergerakan bolak-balik searah vertikal (Chakrabarti, 1987). Teori gelombang yang termasuk dalam *oscillatory* antara lain gelombang Air, gelombang Stokes dan gelombang Cnoidal. Seperti dijelaskan diatas bahwa pada gelombang *translatory* terjadi pemindahan air pada arah perjalanan gelombang tersebut. Pemindahan air yang terjadi dapat menyebabkan terjadinya kikisan pada dasar laut, sebagai contoh terjadinya penggerusan tanah akibat dari

arus, gelombang banjir dan lain sebagainya. Penentuan teori gelombang yang akan digunakan dapat dilakukan dengan menggunakan grafik validitas yang disebut *Region of Validity* dengan menggunakan parameter-parameter gelombang yang ada, seperti tinggi gelombang ( $H$ ), periode gelombang ( $T$ ) dan kedalaman laut ( $d$ ). Grafik dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2.11.** Grafik Validitas Region of Validity.[2]

a. Teori Gelombang Stokes Orde 2

Teori gelombang Stokes merupakan teori gelombang non-linear. Teori gelombang Stokes merupakan ekspansi potensial kecepatan sebagai deret dari parameter yang bergantung pada amplitudo dan panjang gelombang. Stokes mengasumsikan bahwa semua variasi pada arah horisontal dapat ditunjukkan pada suatu deret matematis, dan koefisien dari deret ini dapat ditulis sebagai pertambahan parameter yang dikaitkan dengan amplitudo dan panjang gelombang. Panjang



dan kecepatan rambat gelombang untuk teori gelombang Stokes Orde 2 dirumuskan oleh persamaan berikut :[2]

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}$$

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \dots\dots\dots(2.7)$$

Kecepatan partikel air teori gelombang Stokes Orde 2 :

- Horisontal : .....(2.8)

$$u = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \cos \theta + \frac{3}{4} \left( \frac{\pi H}{L} \right) \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh 2k(d+y)}{\sinh^4 kd} \cos 2\theta$$

- Vertikal : .....(2.9)

$$v = \frac{\pi H}{T} \frac{\sinh k(d+y)}{\sinh kd} \sin \theta + \frac{3}{4} \left( \frac{\pi H}{L} \right) \frac{\pi H}{T} \frac{\sinh 2k(d+y)}{\sinh^4 kd} \sin 2\theta$$

Sedangkan percepatan partikel air dirumuskan sebagai berikut :

- Horisontal : .....(2.10)

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{2\pi^2 H}{T} \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \sin \theta + \frac{3}{4} \left( \frac{\pi H}{L} \right) \frac{\pi^2 H}{T^2} \frac{\cosh 2k(d+y)}{\sinh^4 kd} \sin 2\theta$$

- Vertikal : .....(2.11)

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{2\pi^2 H}{T} \frac{\sinh k(d+y)}{\sinh kd} \cos \theta - \frac{3}{4} \left( \frac{\pi H}{L} \right) \frac{\pi^2 H}{T^2} \frac{\sinh 2k(d+y)}{\sinh^4 kd} \cos 2\theta$$

Keterangan :

L = Panjang gelombang, m.

C = Cepat rambat gelombang, m/detik

T = Periode Gelombang, detik.

H = Tinggi gelombang, m.

g = Percepatan gravitasi, m/detik<sup>2</sup>.

d = Kedalaman, m.

k = Angka gelombang,  $\frac{2\pi}{L}$

$\omega$  = Frekuensi gelombang,  $\frac{2\pi}{T}$ , 1/detik.

y = Kedalaman yang ditinjau, m.

$\theta$  = Sudut fase,  $\theta = kx - \omega t$ .

#### b. Teori Gelombang Stokes Orde 3

Dalam Teori Gelombang Stoke Orde-3, kecepatan gelombang atau selernya mempunyai persamaan dan mempunyai bentuk alternatif :

$$c^2 = \frac{gL}{2\pi} \left( 1 + \left( \frac{\pi a}{L} \right)^2 \frac{14 + 4 \cosh^2 4\pi \frac{d}{L}}{16 \sinh^4 4\pi \frac{d}{L}} \right) \tanh 2\pi \frac{d}{L} \quad \dots(2.12)$$

Dimana persamaan panjang gelombang sebagai berikut :

Persamaan kecepatan dan percepatan partikel gelombang Teori Stoke Orde-3 adalah : [4]

$$u = c(F1 \cosh ks \cos \theta + F2 \cosh 2ks \cos 2\theta + f3 \cosh ks^3 \cos \theta) \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana:

$$k = \frac{2\pi}{L} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$F1 = \frac{ka}{\sinh kd} - (ka)^2 \frac{\cosh^2 kd(1 + 5 \cosh^2 kd)}{8 \sinh^5 kd}$$

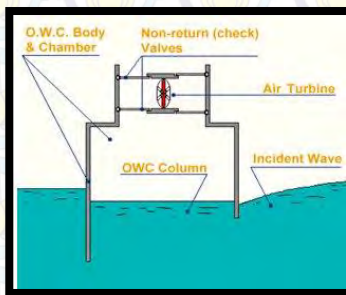
$$F2 = \frac{3(ka)^2}{4 \sinh^4 kd}$$

$$F3 = \frac{3(ka)^3}{64} \frac{11 - 2 \cosh 2kd}{\sinh^7 kd} \dots\dots\dots (2.16)$$

## 2.6 Energi Gelombang Laut

### 2.6.1 Oscillating Wave Column

Cara kerja alat ini adalah dengan memanfaatkan tekanan udara tertutup di dalam sebuah kolom udara. Tekanan udara pada OWC merupakan fungsi dari level air pada kolom ini. Semakin tinggi level air pada kolom maka semakin besar tekanan udara yang terjadi. Keuntungan menggunakan OWC adalah alat ini tetap bekerja baik dalam keadaan gelombang naik dan turun, akan tetapi alat ini masih membutuhkan energi dari luar untuk mulai menjalankan alat ini.

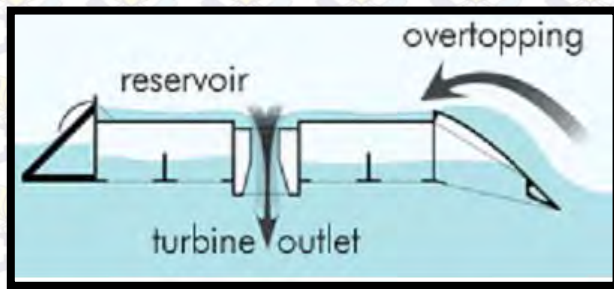


**Gambar 2.12.** Sistematis dari OWC.

### 2.6.2 Wave Dragon / Overtopping

*Overtopping* ini terdiri dari sebuah dinding dimana gelombang meluncur naik ke atas penampungan , mengumpulkan air di reservoir penyimpanan. Gelombang masuk seperti membuat kepala air, yang dirilis kembali ke laut melalui turbin konvensional yang dipasang di bagian bawah reservoir. Sebuah perangkat overtopping dapat menggunakan kolektor untuk memusatkan energi

gelombang. Alat ini membangkitkan listrik dari naik turunnya air akibat gelombang dalam sebuah pipa silindris yang berlubang. Naik turunnya kolom air ini akan mengakibatkan keluar masuknya udara di lubang bagian atas pipa dan menggerakkan turbin.

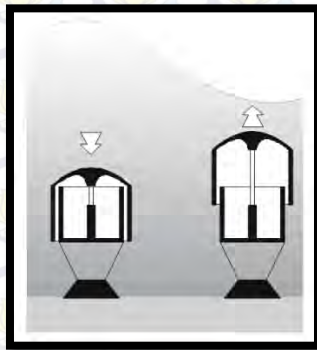


**Gambar 2.13.** Overtopping.



### 2.6.3 The Archimedes Wave Swing (AWS)

Diantara berbagai konsep alat konversi energi yang lain, AWS merupakan yang paling unik karena seluruh strukturnya tenggelam di laut. Hal itu dilakukan untuk mengurangi efek badai pada struktur. Inspirasi pengembangan AWS timbul pada tahun 1994 dalam sebuah perusahaan novel yang dinamakan *Teamwork Technology B.V.* Setahun kemudian sebuah model dengan skala 1:20 dicoba di gelombang reguler dalam sebuah kerjasama yang melibatkan *Netherland Energy Research Foundation/Energy Research Center of Netherland (ECN)* dan *WL Delft Hydraulic (Cruz)*.



**Gambar 2.14.** Konsep skematis dari AWS

## 2.7 Tahanan Profil

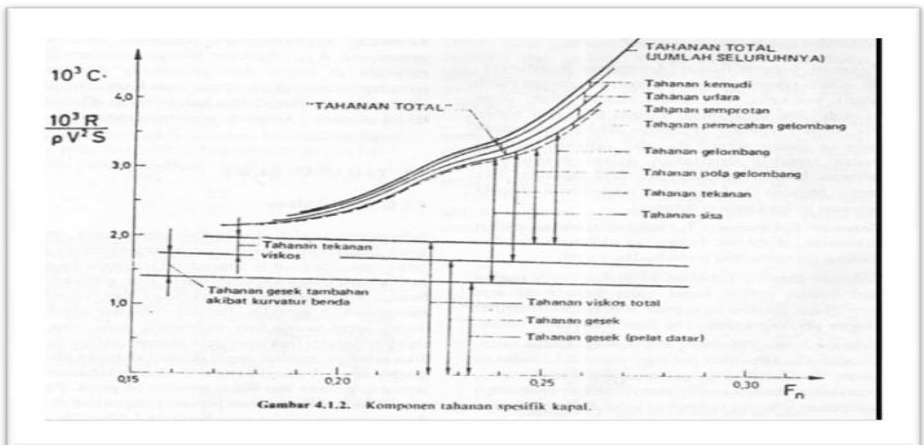
Tahanan profil pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja berlawanan dengan gerakan profil tersebut. Tahanan tersebut akan sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan profil. Melihat bahwa profil bergerak di bidang fluida cair yang nilai kerapatan massanya lebih besar dari udara sehingga semakin besar kecepatan dan dimensi suatu profil maka semakin besar pula energi yang dibuang untuk menghasilkan energi berupa gelombang (wave), gelombang inilah yang kemudian bergesekan dengan profil dan arahnya melawan arah profil sehingga menimbulkan gaya berlawanan.

Tahanan total (RT) pada profil terdiri dari komponen – komponen bagian profil yang mempunyai kemungkinan menimbulkan gaya hambat atau resistance. Pada prinsipnya ada dua bagian profil yang mengalami gaya hambat, yaitu bagian profil yang terbenam dan area bagian profil diatas permukaan air karena udara juga mempunyai faktor hambat pada kondisi tertentu. RT digunakan untuk menentukan besar Effective Horse Power (EHP) yang didefinisikan sebagai daya yang diperlukan suatu profil untuk bergerak dengan kecepatan sebesar  $V_s$  dan mampu mengatasi gaya hambat atau tahanan sebesar RT dan yang lebih penting untuk mengetahui seberapa besar daya dari mesin utama agar profil yang akan dibuat tidak mengalami kelebihan daya yang besar atau justru tidak bisa memenuhi kecepatan karena daya yang diprediksikan tidak bias mengatasi besar

tahanan profil. Gaya hidrodinamika ini semata-mata disebabkan oleh gerakan relative kapal terhadap cairan:

1. Gaya-gaya yang bekerja tegak lurus terhadap permukaan badan profil, (gaya tekanan).
2. Gaya-gaya yang bekerja menyinggung badan profil (gaya geser).

Tahanan total (RT) yang dialami kapal terdiri dari sejumlah komponen tahanan yang berbeda yang diakibatkan oleh berbagai macam penyebab dan saling berinteraksi untuk menangani masalah tahanan secara praktis, komponen tahanan ini dapat dilihat dari gambar berikut:



Gambar 2.4 Komponen Tahanan Spesifik

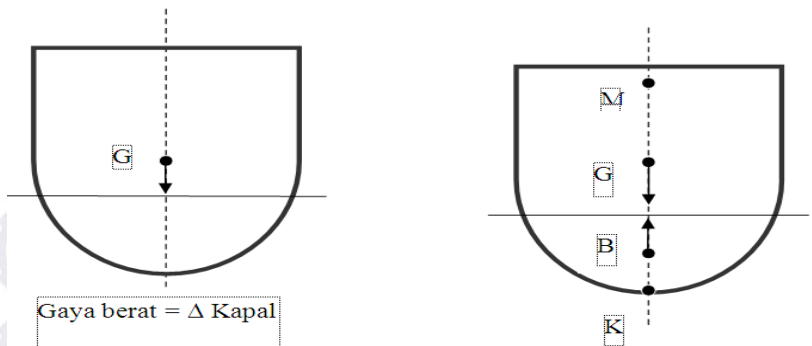
*Sumber : Tahanan dan Propulsi Kapal. Sv. Aa. Harvald.  
1982*

## 2.8 SABILITAS STATIS

Stabilitas adalah keseimbangan dari kapal, merupakan sifat atau kecenderungan dari sebuah kapal untuk kembali kepada kedudukan semula setelah mendapat senget (kemiringan) yang disebabkan oleh gaya - gaya dari luar (Rubianto, 1996). Stabilitas statis adalah stabilitas kapal pada saat diam yang terdiri dari stabilitas melintang, tegak, membujur. Untuk mempelajari stabilitas maka harus memahami titik - titik penting pada stabilitas.

### 2.8.1 Titik "G"

Titik berat (*center of gravity*) dikenal dengan titik G dari sebuah kapal, merupakan titik tangkap dari semua gaya - gaya yang menekan ke bawah terhadap kapal. Letak titik G ini di kapal dapat diketahui dengan meninjau semua pembagian bobot di kapal, makin banyak bobot yang diletakkan di bagian atas maka makin tinggilah letak titik G nya. Secara definisi titik berat (G) adalah titik tangkap dari semua gaya – gaya yang bekerja kebawah. Letak titik G pada kapal kosong ditentukan oleh hasil percobaan stabilitas. Perlu diketahui bahwa, letak titik G tergantung dari pada pembagian berat dikapal. Jadi selama tidak ada berat yang di geser, titik G tidak akan berubah walaupun kapal oleng atau mengangguk.

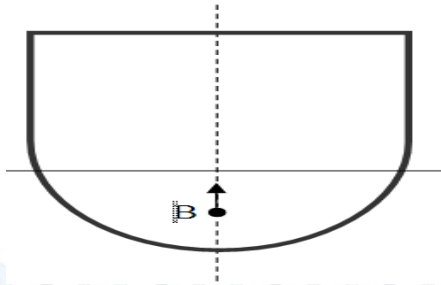


Gambar 2.5 Titik berat (*center of gravity*)

### 2.8.2 Titik " B" kapal

Titik apung (*center of buoyancy*) diikenal dengan titik B dari sebuah kapal, merupakan titik tangkap dari resultan gaya - gaya yang menekan tegak keatas dari bagian kapal yang terbenam dalam air. Titik tangkap B bukanlah merupakan suatu titik yang tetap, akan tetapi akan berpindah - pindah oleh adanya perubahan sarat dari kapal. Dalam stabilitas kapal, titik B inilah yang menyebabkan kapal mampu untuk tegak kembali setelah mengalami senget. Letak titik B tergantung dari besarnya senget kapal ( bila senget berubah maka letak titik B akan berubah / berpindah. Bila kapal menyenget titik B akan berpindah kesisi yang rendah.

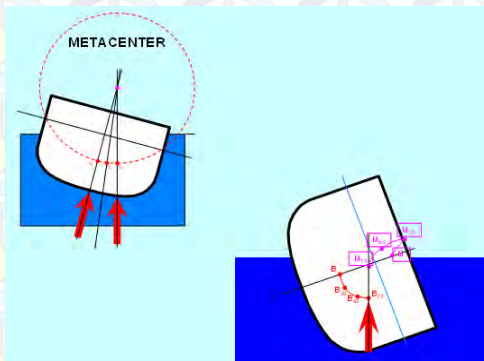




Gambar 2.6 Ttitk apung (*center of buoyance*)

### 2.8.3 Titik "M" Kapal

Titik Metecenter ( M ) adalah sebuah titik yang tidak boleh dilampui oleh titik "G" agar stabilitas kapal positif. Titik M juga merupakan titik pusat olengan kapal. Pada sudut miring kecil (kurang dari  $15^\circ$ ) letak titik M dianggap sebuah titik tetap, namun pada sudut miring besar titik M tadi berubah - ubah kedudukannya.



Gambar 2.7 Titik Metecenter

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

Metodologi penelitian adalah suatu kerangka dasar dari tahapan penyelesaian skripsi ini. Metodologi tersebut mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan untuk memecahkan suatu masalah atau melakukan proses analisa terhadap permasalahan skripsi ini. Metodologi skripsi ini dapat dilihat secara lengkap melalui *gambar 3.1* penjelasan untuk seluruh proses dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### **3.1. Identifikasi dan perumusan masalah**

Pada proses ini akan dilakukan suatu identifikasi dan perumusan masalah yaitu tentang analisa variasi panjang lengan dan besar gaya yang dihasilkan. Analisa besar gaya yang dihasilkan tersebut menggunakan pembuatan model, dimana variabel yang divariasikan adalah panjang lengan, variasi dari beberapa bentuk profil dan periode gelombang yang nantinya akan dihasilkan pengaruh panjang lengan terhadap periode gelombang dan besar gaya akibat panjang lengan terhadap periode gelombang.

#### **3.2. Studi literatur**

Tahapan selanjutnya adalah melakukan studi literatur dengan tujuan untuk merangkum teori-teori dasar, acuan secara umum dan khusus, serta untuk memperoleh berbagai informasi pendukung lainnya yang berhubungan dengan pengerjaan tugas akhir ini. Studi literatur ini dapat diperoleh dari buku referensi, buku catatan perkuliahan, jurnal, paper, atau dari internet yang mendukung bahasan dari masalah skripsi ini. Selain itu bisa juga dengan melakukan tanya jawab dengan pihak yang berkepentingan dan berkompeten pada bahasan ini.

### **3.3. Pembutan model**

#### **3.3.1 Peralatan dan Bahan Uji Coba**

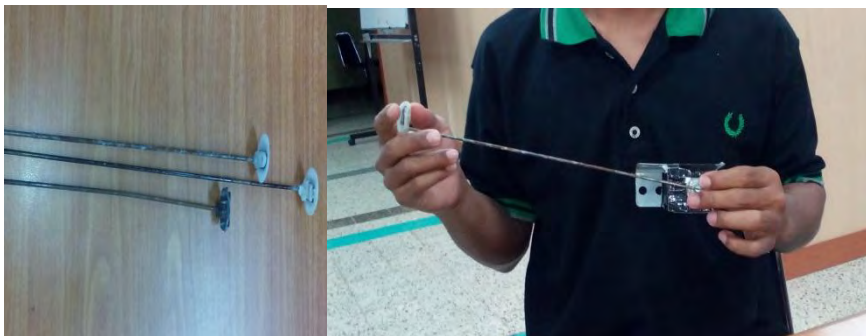
Sebelum melakukan uji coba, ada beberapa peralatan dan bahan yang dibutuhkan yaitu :



**Gambar 3.3** Bentuk Kolam uji

#### **a. Batang Besi dan beberapa bentuk profil yang akan diujikan.**

Batang besi dalam uji coba ini digunakan sebagai lengan angguk dimana terdapat tiga variasi ukuran panjang yang akan digunakan dalam percobaan. Sedangkan beberapa profil yaitu profil bentuk kubus, balok dan piramida berfungsi sebagai pelampung yang nantinya akan dipasang diujung masing-masing lengan angguk. profil yang digunakan mempunyai volume yang sama namun bentuk berbeda.



**Gambar 3.4 Lengan Angguk**



**Gambar 3.5 Profil pelampung**

- b. Peralatan dan bahan lainnya yaitu gunting, silet, double tip, lem silicon, air, stereofoam, tali, penggaris, timbangan digital, jangka sorong, mur dan baut.

#### **3.4. Pengujian Model dan Pencatatan Data**

Setelah pembuatan model yang akan diuji selesai langkah selanjutnya yaitu pengujian model dan pencatatan data, pengujian model dilakukan pada laboratorium Design & 3D Model Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS. Yang diuji adalah variasi panjang lengan, variasi beberapa bentuk profil (bentuk) dan periode gelombang. Pengujian model ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh panjang lengan terhadap periode gelombang dan besar gaya yang dihasilkan akibat panjang lengan terhadap periode gelombang.

#### **3.5. Analisa Data dan Pembahasan**

Setelah melakukan percobaan pada alat selesai selanjutnya adalah analisa data dan pembahasan yaitu membandingkan data yang sudah didapat dari pengujian model pada tiap – tiap variable serta menampilkan data tersebut dalam bentuk table dan grafik dengan membandingkan hasil dari perhitungan yang sudah ada.

#### **3.6 Kesimpulan dan Saran**

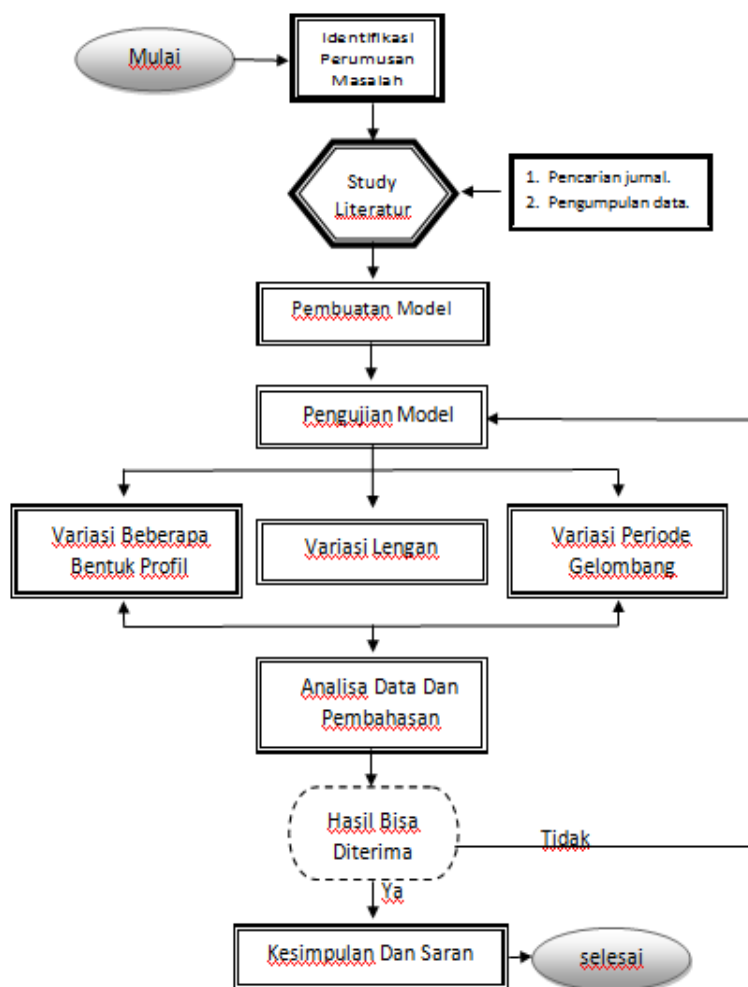
Setelah dilakukan analisa data dan pembahasan selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari analisa data yang sudah dilakukan dan memberikan saran-saran atau rekomendasi yang relevan sebagai pertimbangan di waktu yang akan datang untuk di evaluasi.

#### **3.7. Dokumentasi**

Seluruh tahapan penelitian diatas didokumentasikan kedalam bentuk penulisan laporan tugas akhir dan sekaligus



merupakan tahap penyempurnaan akhir penelitian yang dilakukan. Diagram alur pengerjaan tugas akhir berikut:



**Gambar 3.1** Metodologi.

## **BAB IV**

### **ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Umum**

Pada bab ini akan diuraikan tentang data – data yang telah diperoleh dari percobaan yang telah dilakukan sesuai dengan metodologi pada bab III dan akan dilakukan analisa data dan pembahasan dalam bentuk tabel serta grafik.

#### **4.2. Langkah – Langkah Percobaan**

Sebelum melakukan uji coba ada beberapa langkah – langkah percobaan yang harus dilakukan dan peralatan yang dibutuhkan selama percobaan.

##### **4.2.1 Persiapkan Peralatan dan Bahan**

Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam percobaan yaitu :

- a. Air
- b. Kolam uji ( $p = 1.5 \text{ m}$ ,  $t = 50 \text{ cm}$ ,  $l = 40 \text{ cm}$ )
- c. Sensor
- d. Kabel sensor
- e. Baterai
- f. Potensio
- g. Batang besi (panjang 25 cm, 30 cm, 40 cm)
- h. Beberapa bentuk profil pelampung (kubus, balok, piramida)
- i. Ember
- j. Kanebo
- k. Gunting
- l. Silet
- m. Double tip
- n. Solasi
- o. Stereofoam
- p. Tali
- q. Penggaris

- r. Lem G
- s. Gergaji besi
- t. Kayu dengan bentuk persegi
- u. Timbangan digital
- v. Jangka sorong
- w. Bolpoin
- x. Buku
- y. Laptop
- z. Kamera.

#### **4.2.2 Langkah – Langkah percobaan**

- a. Siapkan kolam uji, ember, kanebo, dan penggaris. Kolam uji diisi dengan air sampai dengan ketinggian 30 cm diukur dengan menggunakan penggaris. Jika sudah mencapai 30 cm pengisian air dihentikan dan mempersiapkan pembuatan lengan anguk dan pembuatan sensor.
- b. Tiap - tiap Profil pelampung ditimbang dengan menggunakan timbangan digital setelah itu diukur berapa volume profil pelampung yang tercelup dalam air dengan menaruh profil kedalam kolam uji yang sudah terisi air secara berurutan. Data yang diperoleh dicatat terlebih dahulu yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan.
- c. Langkah selanjutnya yaitu merakit lengan anguk. Potong batang besi dengan menggunakan gergaji besi sesuai ukuran yang ditentukan yaitu dengan variasi panjang 25 cm, 30 cm, dan 40 cm.
- d. Setelah mendapatkan variasi panjang lengan, ambil profil pelampung yang kemudian akan dipasang pada ujung masing – masing lengan dengan menggunakan double tip sampai dipastikan profil pelampung tidak lepas atau kocak.
- e. Ambil kabel sensor dan potensio yang berjumlah 3 buah. Sambungan lengan anguk pada potensio, setelah

- dipastikan pemasangan lengan pada potensio kuat kemudian pasang kabel sensor pada potensio.
- f. Setelah semua terpasang, ketiga lengan anguk yang sudah terpasang dengan potensio dirakit pada pinggiran kolam uji sampai dipastikan pemasangan kuat dan tidak kocak.
  - g. Siapkan laptop yang sudah terinstal program software Visual Basic dimana program tersebut akan menerima dan menyimpan data yang dikirim melalui sensor yang sudah terpasang pada lengan anguk.
  - h. Setelah semua sudah terpasang, maka percobaan pertama dapat dilakukan yaitu profil pelampung dalam keadaan sarat kosong. Membuat gelombang pada kolam uji dengan menggunakan papan persegi sampai ketinggian gelombang mencapai 5 cm dengan periode pembuatan gelombang setiap 7 detik. Pengambilan data pada software tercatat sampai batas waktu 30 detik. Data yang dapat diambil oleh software diantaranya perubahan ketinggian dan periode gelombang.
  - i. Setelah percobaan pertama selesai, dilanjutkan dengan percobaan kedua yaitu dengan memvariasi berat profil yaitu dengan cara profil pelampung diisi dengan air sebanyak  $\frac{1}{4}$  dari volume berat total dikurangi dengan berat lengan. Setelah profil pelampung terisi maka tahap selanjutnya diuji dengan pembuatan gelombang dan pencatatan data pada software yang sama pada point h diatas.
  - j. Percobaan ketiga yaitu dengan memvariasi berat profil dengan cara ketiga profil diisi dengan air sebanyak  $\frac{1}{2}$  dari volume berat total dikurangi dengan berat lengan. Setelah profil terisi maka tahap selanjutnya diuji dengan pembuatan gelombang dan pencatatan data pada software yang sama pada point h diatas.
  - k. Percobaan keempat yaitu dengan memvariasi berat profil dengan cara semua profil pelampung diisi dengan air

sebanyak  $\frac{3}{4}$  dari volume berat total dikurangi dengan berat lengan. Setelah profil terisi maka tahap selanjutnya diuji dengan pembuatan gelombang dan pencatatan data pada software yang sama pada point h diatas

1. Setelah semua percobaan dilakukan maka langkah selanjutnya yaitu menganalisa data yang sudah diperoleh.

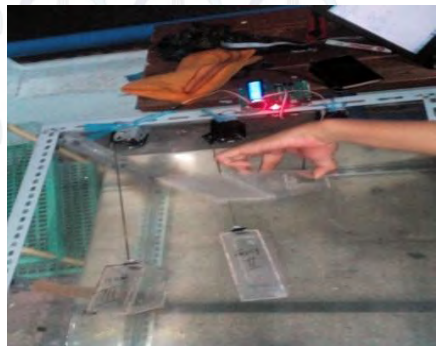


**Gambar 4.1** kolam uji

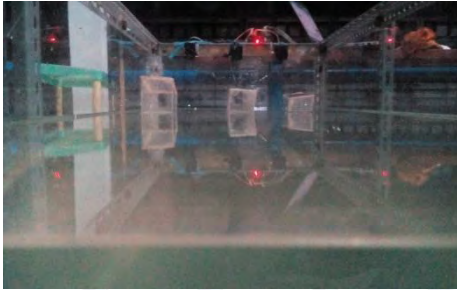


**Gambar 4.2** pemasangan profil pelampung ke lengan angguk.

**Gambar 4.3** pemasangan pelampung dan lengan angguk di kolam







**Gambar 4.4** Lengan Angguk dan bola yang terpasang pada sensor

**Gambar 4.5** Hardware sensor



### 4.3. Analisa Data Hasil Percobaan

Pada tahap ini, data yang diperoleh dari proses percobaan yaitu gaya, perubahan ketinggian, torsi, kecepatan, percepatan, dan periode gelombang diambil untuk menentukan proses validasi dan percobaan yang dilakukan.

#### 4.3.1 Data Hasil percobaan awal untuk perbandingan.

Data ini diperoleh dari percobaan awal yang bertujuan sebagai pembandingan dengan hasil yang sekarang dilakukan. Pada awal percobaan bedanya adalah profil pelampung menggunakan bentuk bola dan pada percobaan kali ini penulis mengembangkan dengan menambah bentuk profil pelampung dengan volume yang sama dengan percobaan awal yaitu dengan bentuk kubus, balok dan piramida.

Dengan ini maka akan dapat kita bandingkan hasil yang diperoleh yaitu diantaranya gaya, perubahan ketinggian, torsi, kecepatan, percepatan, dan periode gelombang dengan batasan masalah yang sudah tertera.

Berikut data hasil percobaan pertama yang sudah terdata.

**Tabel 4.1** Bola pelampung tanpa pemberat (Sarat kosong)

| Time (s) | Delta h S1 (mm) | Force S1 (N) | Torque S1 (Nm) | Periode S1 (s) |
|----------|-----------------|--------------|----------------|----------------|
| 1        | -11             | 0            | 0              | 1.2            |
| 2        | 19              | 0            | 0              | 1.202          |
| 3        | -31             | 0.114        | 0.028          | 0              |
| 4        | 26              | 0.597        | 0.149          | 0              |
| 5        | -4              | 0            | 0.149          | 0.402          |
| 6        | 11              | 0.404        | 0.101          | 0              |
| 7        | 11              | 0            | 0.101          | 0.602          |
| 8        | -15             | 0            | 0              | 0              |
| 9        | 8               | 0            | 0              | 0.602          |
| 10       | -4              | 0.196        | 0.049          | 0              |
| 11       | -15             | 0            | 0.03           | 2.202          |
| 12       | 15              | 0            | 0.03           | 1.802          |
| 13       | -4              | 0.114        | 0.028          | 0              |
| 14       | -4              | 0            | 0.028          | 1.802          |
| 15       | 22              | 0            | 0.028          | 1.002          |
| 16       | -23             | 0            | 0              | 0              |
| 17       | 29              | 0            | 0              | 0.802          |
| 18       | -19             | 0.196        | 0.049          | 0              |
| 19       | 19              | 0.118        | 0.03           | 0              |
| 20       | -19             | 0            | 0.03           | 2.602          |
| 21       | 29              | 0            | 0.03           | 1.002          |
| 22       | -15             | 0.196        | 0.049          | 0              |
| 23       | 11              | 0.241        | 0.06           | 0              |
| 24       | 0               | 0            | 0.06           | 0.202          |
| 25       | -7              | 0            | 0.06           | 2.002          |
| 26       | -23             | 0            | 0.06           | 2.002          |
| 27       | 11              | 0            | 0              | 0              |
| 28       | -7              | 0            | 0              | 0.602          |
| 29       | -4              | 0            | 0              | 2.002          |
| 30       | -23             | 0.47         | 0.117          | 0.802          |

**Tabel 4.2** Bola pelampung diisi air  $\frac{1}{4}$  berat total bola

| Time (s) | Delta h S1 (mm) | Force S1 (N) | Torque S1 (Nm) | Periode S1 (s) |
|----------|-----------------|--------------|----------------|----------------|
| 1        | 303             | 0            | 0.03           | 2              |
| 2        | 303             | 0            | 0.03           | 4              |
| 3        | 0               | 0            | 0.03           | 6              |
| 4        | 15              | 0            | 0.03           | 1.002          |
| 5        | -27             | 0            | 0.03           | 2.402          |
| 6        | 46              | 0            | 0.03           | 1.002          |
| 7        | -31             | 0.302        | 0.076          | 0.602          |
| 8        | 29              | 0            | 0              | 0              |
| 9        | -7              | 0            | 0              | 2.602          |
| 10       | 19              | 0.114        | 0.028          | 0              |
| 11       | 0               | 0.118        | 0.03           | 2.202          |
| 12       | 8               | 0.114        | 0.028          | 1.802          |
| 13       | -23             | 1.272        | 0.318          | 0              |
| 14       | 22              | 0            | 0.318          | 1.402          |
| 15       | -15             | 0.114        | 0.028          | 1.002          |
| 16       | 22              | 0.302        | 0.076          | 0              |
| 17       | 0               | 0            | 0.076          | 0.202          |
| 18       | 4               | 0.597        | 0.149          | 0              |
| 19       | 22              | 0            | 0.149          | 0.602          |
| 20       | -19             | 0            | 0              | 2.602          |
| 21       | 46              | 0            | 0              | 0.802          |
| 22       | -43             | 0.608        | 0.152          | 0              |
| 23       | 49              | 0.689        | 0.172          | 0              |
| 24       | -19             | 0            | 0.172          | 2.402          |
| 25       | 26              | 0.196        | 0.049          | 2.002          |
| 26       | -4              | 0            | 0.049          | 0.202          |
| 27       | 0               | 0.302        | 0.076          | 0              |
| 28       | 29              | 0            | 0.076          | 0.802          |
| 29       | -19             | 0            | 0.076          | 2.402          |
| 30       | -27             | 0.503        | 0.126          | 1.202          |

**Tabel 4.3** Bola pelampung diisi air  $\frac{1}{2}$  berat total bola

| Time (s) | Delta h S1 (mm) | Force S1 (N) | Torque S1 (Nm) | Periode S1 (s) |
|----------|-----------------|--------------|----------------|----------------|
| 1        | 36              | 0            | 0              | 0.802          |
| 2        | -15             | 0.286        | 0.072          | 0              |
| 3        | 20              | 0            | 0              | 0              |
| 4        | -19             | 0            | 0              | 2.402          |
| 5        | 17              | 0.096        | 0.024          | 0              |
| 6        | 7               | 0            | 0.024          | 0.402          |
| 7        | 0               | 0.286        | 0.072          | 0              |
| 8        | 14              | 0            | 0              | 0              |
| 9        | -30             | 0            | 0              | 2.202          |
| 10       | 66              | 0.173        | 0.043          | 0              |
| 11       | 51              | 0.216        | 0.054          | 0              |
| 12       | 0               | 0            | 0.054          | 0.202          |
| 13       | 17              | 0.09         | 0.023          | 0              |
| 14       | 20              | 0            | 0.023          | 0.602          |
| 15       | -15             | 0            | 0.023          | 2.402          |
| 16       | 0               | 0            | 0.023          | 0.202          |
| 17       | 39              | 0.13         | 0.032          | 0              |
| 18       | 7               | 0            | 0              | 0              |
| 19       | -19             | 0            | 0              | 2.602          |
| 20       | 45              | 0.13         | 0.032          | 0              |
| 21       | -26             | 0            | 0.032          | 2.202          |
| 22       | 17              | 0            | 0.032          | 0.802          |
| 23       | 3               | 0.173        | 0.043          | 0              |
| 24       | 3               | 0.049        | 0.012          | 0              |
| 25       | -11             | 0.231        | 0.058          | 0              |
| 26       | 24              | 0.131        | 0.033          | 0              |
| 27       | 3               | 0            | 0.033          | 0.402          |
| 28       | 17              | 0.388        | 0.097          | 0              |
| 29       | 3               | 0            | 0.097          | 0.202          |
| 30       | 0               | 0.187        | 0.047          | 1.002          |



**Tabel 4.4** Bola pelampung diisi air  $\frac{3}{4}$  berat total bola

| Time (s) | Delta h S2 (mm) | Force S2 (N) | Torque S2 (Nm) | Periode S2 (s) |
|----------|-----------------|--------------|----------------|----------------|
| 1        | 4               | 0.219        | 0.066          | 0              |
| 2        | -9              | 0            | 0.066          | 1.602          |
| 3        | -9              | 0.154        | 0.046          | 0.402          |
| 4        | 13              | 0            | 0.046          | 0.402          |
| 5        | -21             | 0            | 0.046          | 1.802          |
| 6        | 18              | 0            | 0.046          | 0.802          |
| 7        | -21             | 0.073        | 0.022          | 5.002          |
| 8        | 9               | 0            | 0              | 0.802          |
| 9        | -13             | 0            | 0              | 2.002          |
| 10       | 4               | 0.07         | 0.021          | 11.002         |
| 11       | -13             | 0.399        | 0.12           | 0.202          |
| 12       | 13              | 0            | 0.12           | 0.602          |
| 13       | -21             | 0            | 0              | 0.202          |
| 14       | 9               | 0.073        | 0.022          | 0.202          |
| 15       | -4              | 0            | 0.022          | 0.202          |
| 16       | -9              | 0.219        | 0.066          | 1.402          |
| 17       | 0               | 0            | 0.066          | 0.602          |
| 18       | -17             | 0            | 0.066          | 2.202          |
| 19       | 18              | 0            | 0.066          | 0.802          |
| 20       | -17             | 0            | 0.066          | 2.202          |
| 21       | 22              | 0            | 0.066          | 1.202          |
| 22       | -29             | 0            | 0.066          | 1.802          |
| 23       | -4              | 0            | 0.066          | 1.402          |
| 24       | 0               | 0            | 0.066          | 0.202          |
| 25       | -4              | 0.399        | 0.12           | 0              |
| 26       | 9               | 0            | 0.12           | 0.202          |
| 27       | -29             | 0            | 0.12           | 1.802          |
| 28       | 27              | 0            | 0.12           | 1.002          |
| 29       | -33             | 0.073        | 0.022          | 0.602          |
| 30       | 13              | 0            | 0              | 2.002          |

#### 4.3.1.1 Validasi hasil data percobaan awal.

- Daya yang dibutuhkan oleh sensor.

$$P = V \times I$$

Dimana, P = Daya listrik (Watt)

V = Tegangan listrik (V)

I = Arus listrik (A)

Perhitungannya sebagai berikut :

$$V = 5 \text{ V}$$

$$I = 20 \text{ mA} + 50 \text{ mA}$$

$$= 70 \text{ mA}$$

$$= 0.07 \text{ A}$$

Jadi,  $P = V \times I$

$$= 5 \times 0.07$$

$$P = 0.35 \text{ W}$$

- Hasil percobaan pertama untuk mencari perubahan ketinggian

$$\Delta h = L \sin \alpha$$

Dimana,  $\Delta h$  = perubahan ketinggian lengan (mm)

L = panjang lengan (mm)

- Hasil percobaan pertama untuk Mencari nilai percepatan

Diketahui nilai jarak terlebih dahulu dengan rumus :

$$v = \frac{s}{t}$$

Dimana, v = Kecepatan (m/s)

s = Jarak yang ditempuh (m)

t = Waktu tempuh (s)

setelah mendapatkan nilai jarak maka bisa diperoleh nilai dari percepatan dengan rumus sebagai berikut:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{v_t - v_o}{t_t - t_o}$$

Dimana,  $a$  = percepatan ( $\text{m/s}^2$ )

$v_t$  = kecepatan akhir ( $\text{m/s}$ )

$v_o$  = kecepatan awal ( $\text{m/s}$ )

$t_t$  = waktu akhir (sekon)

$t_o$  = waktu awal (sekon)

Perhitungannya sebagai berikut :

Data percobaan awal diketahui profil Bola pelampung sarat kosong periode 3 detik :

Berat bola = 47.53 gr

Diameter bola = 10.62 cm

Jari-jari bola = 5.31 cm

Panjang lengan = 25 cm

Massa jenis air =  $1000 \text{ kg/m}^3$   
=  $1 \text{ gr/cm}^3$

Berat total bola =  $\frac{4}{3} \times \pi \times r^3 \times \rho$   
=  $\frac{4}{3} \times 3.14 \times 5.31 \times 5.31 \times 5.31 \times 1$   
= 626.83 gr

Dimana,  
 $s = 16.54 \text{ mm}$   
= 0.0165 m

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{0.0165}{0.740}$$

$$v = 0.022 \text{ m/s}$$

Sehingga,

$$a = \frac{v_t - v_o}{t_t - t_o}$$

$$a = \frac{0 - 0.022}{0.740 - 0}$$

$$a = 0.029 \text{ m/s}^2$$

- hasil nilai gaya pada percobaan awal.  
Setelah pada data diatas, maka pada percobaan diatas dapat diketahui nilai gaya.  
 $F = m \times a$   
Dimana,  $F$  = Gaya (N)  
 $m$  = massa (kg)  
 $a$  = percepatan ( $\text{m/s}^2$ )  
perhitungannya sebagai berikut :  
 $F = m \times a$   
 $= 47.53 \times 0.029$   
 $= 1.38 \text{ N}$
- hasil percobaan pertama nilai Torsi  
maka dapat didapat nilai Torsi dengan rumus dibawah ini :  
 $\tau = F \times L$   
Dimana,  $F$  = Gaya (N)  
 $L$  = Panjang Lengan (m)  
Perhitungannya sebagai berikut :  
 $\tau = F \times L$   
 $= 1.38 \times 0.25$   
 $= 0.34 \text{ Nm}$
- data percobaan awal energi gelombang  
pada percobaan awal untuk mencari nilai energy gelombang terlebih dahulu harus mencari berapa nilai dari panjang gelombang dengan rumus dibawah ini :

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$\lambda = v \times T$$

Dimana,  $\alpha$  = panjang gelombang (m)

$$E = \frac{\rho \times g \times H^2 \times \lambda}{8}$$

Dimana,  $\rho$  = Massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = Gravitasi ( $9.8 \text{ m/s}^2$ )

$H$  = Tinggi gelombang (m)

$\alpha$  = Panjang gelombang (m)

Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\lambda = v \times T$$

$$\lambda = 0.022 \times 0.740$$

$$\lambda = 0.016 \text{ m}$$

Jadi,

$$E = \frac{\rho \times g \times H^2 \times \lambda}{8}$$

$$E = \frac{1000 \times 9.8 \times 0.016^2 \times 0.016}{8}$$

$$E = 0.006 \text{ kgm/s}^2$$



**Tabel 4.5** Hasil validasi perhitungan gaya pada bola sarat kosong pada percobaan awal

**Sarat kosong Lengan 25 cm**

| Periode | Gaya  |
|---------|-------|
| 3       | 0.217 |
| 7       | 0.183 |
| 10      | 0.088 |

**Sarat kosong Lengan 30 cm**

| Periode | Gaya  |
|---------|-------|
| 3       | 0.211 |
| 7       | 0.173 |
| 10      | 0.064 |

**Sarat kosong Lengan 40 cm**

| Periode | Gaya  |
|---------|-------|
| 3       | 0.039 |
| 7       | 0.052 |
| 10      | 0.021 |

**Sarat kosong Lengan 25 cm**

| Periode | Gaya  |
|---------|-------|
| 3       | 0.217 |
| 7       | 0.183 |
| 10      | 0.088 |

**Sarat kosong Lengan 30 cm**

| Periode | Gaya  |
|---------|-------|
| 3       | 0.211 |
| 7       | 0.173 |
| 10      | 0.064 |

**Sarat kosong Lengan 40 cm**

| Periode | Gaya  |
|---------|-------|
| 3       | 0.039 |
| 7       | 0.052 |
| 10      | 0.021 |

**Tabel 4.6** Hasil validasi perhitungan energi gelombang pada bola sarat kosong pada percobaan awal.

**Sarat kosong Lengan 25 cm**

| Periode | $E_p/E_g$ |
|---------|-----------|
| 3       | 16.519    |
| 7       | 7.370     |
| 10      | 4.031     |

**Sarat kosong Lengan 30 cm**

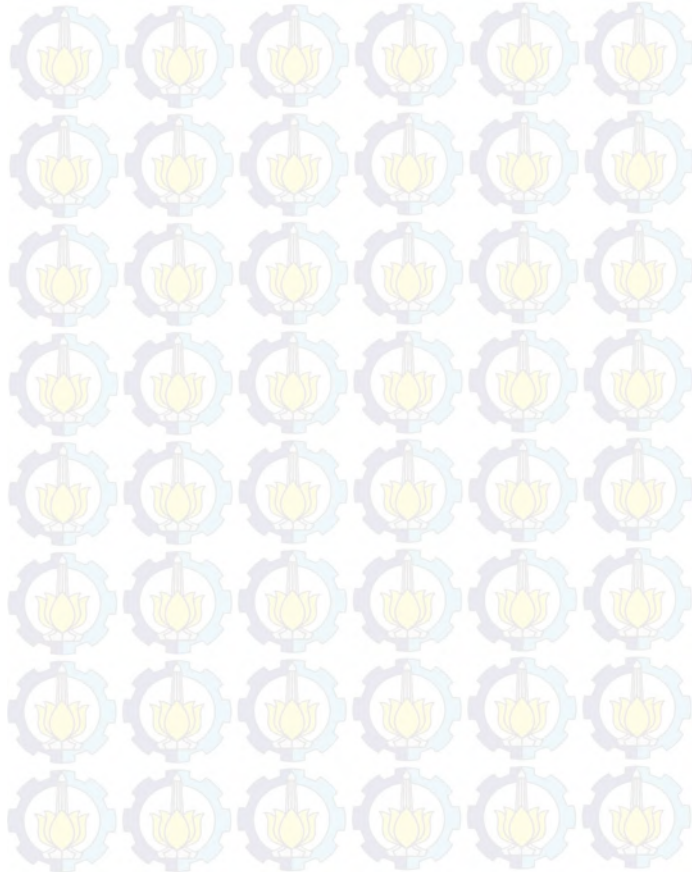
| Periode | $E_p/E_g$ |
|---------|-----------|
| 3       | 18.483    |
| 7       | 11.195    |
| 10      | 10.107    |

**Sarat kosong Lengan 40 cm**

| Periode | $E_p/E_g$ |
|---------|-----------|
| 3       | 8.092     |
| 7       | 7.037     |
| 10      | 9.425     |

#### 4.3.2 Data hasil percobaan sebagai pembanding

Data hasil percobaan didapat dari sensor yang terhubung pada software Matlab. Data yang didapat dapat dilihat pada table di bawah ini :



- **Tabel 4.1.1** Data Hasil Percobaan profil 1 Sarat Kosong  
Pada Periode 3 detik lengan 40 cm

| periode 3 s |                 |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|
| s           | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t (s) | torque S1 (Nm) |
| 1           | 4               | 1,061        | 0,422 | 0,425          |
| 2           | -4              | 4,725        | 0,200 | 1,890          |
| 3           | 3               | 0,304        | 0,788 | 0,122          |
| 4           | -4              | 0,187        | 1,005 | 0,075          |
| 5           | 3               | 0,047        | 2,002 | 0,019          |
| 6           | -5              | 0,187        | 1,004 | 0,075          |
| 7           | 0               | 0,047        | 2,001 | 0,019          |
| 8           | -1              | 1,181        | 0,400 | 0,473          |
| 9           | 1               | 0,000        | 0,000 | 0,000          |
| 10          | 2               | 0,000        | 0,000 | 0,000          |
| 11          | -2              | 4,678        | 0,201 | 1,871          |
| 12          | 0               | 0,000        | 0,000 | 0,000          |
| 13          | -2              | 0,129        | 1,212 | 0,051          |
| 14          | 0               | 0,000        | 0,000 | 0,000          |
| 15          | 3               | 0,091        | 1,440 | 0,036          |
| 16          | -2              | 0,187        | 1,006 | 0,075          |
| 17          | 1               | 1,017        | 0,431 | 0,407          |
| 18          | -4              | 0,111        | 1,302 | 0,045          |
| 19          | -2              | 0,111        | 1,303 | 0,045          |
| 20          | -2              | 4,411        | 0,207 | 1,764          |
| 21          | -2              | 0,000        | 0,000 | 0,000          |
| 22          | -2              | 0,000        | 0,000 | 0,000          |
| 23          | -2              | 0,096        | 1,401 | 0,039          |
| 24          | -2              | 0,112        | 1,301 | 0,045          |
| 25          | -2              | 0,187        | 1,006 | 0,075          |
| 26          | -2              | 0,000        | 0,000 | 0,000          |
| 27          | -2              | 0,000        | 0,000 | 0,000          |
| 28          | -2              | 0,000        | 0,000 | 0,000          |

|    |    |                 |                 |                    |
|----|----|-----------------|-----------------|--------------------|
| 29 | -2 | 0,145           | 1,142           | 0,058              |
| 30 | -2 | 0,000           | 0,000           | 0,000              |
|    |    | <b>0,633876</b> | <b>0,659133</b> | <b>0,253550362</b> |

- **Tabel 4.1.2** Data Hasil Percobaan profil 2 Sarat Kosong  
Pada Periode 3 detik lengan 40 cm

| periode 3 s |                 |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | T (s) | torque S1 (Nm) |
| 1           | 5               | 0,116410156  | 1,212 | 0,046564062    |
| 2           | 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 3           | 3               | 0,082465278  | 1,440 | 0,032986111    |
| 4           | -1              | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    |
| 5           | 10              | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    |
| 6           | -8              | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    |
| 7           | -2              | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    |
| 8           | 0               | 3,990758244  | 0,207 | 1,596303298    |
| 9           | 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 10          | -15             | 0            | 0,000 | 0              |
| 11          | -15             | 0,087120396  | 1,401 | 0,034848158    |
| 12          | 0               | 0,101027945  | 1,301 | 0,040411178    |
| 13          | -4              | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    |
| 14          | -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 15          | 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| 16          | -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 17          | 2               | 0,131118479  | 1,142 | 0,052447392    |
| 18          | -15             | 0            | 0,000 | 0              |
| 19          | 5               | 0            | 0,000 | 0              |
| 20          | -3              | 0            | 0,000 | 0              |
| 21          | 15              | 4,232568501  | 0,201 | 1,6930274      |
| 22          | 15              | 0            | 0,000 | 0              |
| 23          | 15              | 0,116410156  | 1,212 | 0,046564062    |
| 24          | 15              | 0            | 0,000 | 0              |



|    |    |                    |                    |                    |
|----|----|--------------------|--------------------|--------------------|
| 25 | 15 | 0,082465278        | 1,440              | 0,032986111        |
| 26 | 15 | 0,168966321        | 1,006              | 0,067586529        |
| 27 | 15 | 0,92053768         | 0,431              | 0,368215072        |
| 28 | 15 | 0,100872815        | 1,302              | 0,040349126        |
| 29 | 15 | 0,100718043        | 1,303              | 0,040287217        |
| 30 | 15 | 3,990758244        | 0,207              | 1,596303298        |
|    |    | <b>0,522741957</b> | <b>0,628433333</b> | <b>0,209096783</b> |

- **Tabel 4.1.3** Data Hasil Percobaan profil 3 Sarat Kosong  
Pada Periode 3 detik lengan 40 cm

| periode 3 s |                 |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | T (s) | torque S1 (Nm) |
| 1           | 6               | 0,078125     | 1,440 | 0,03125        |
| 2           | 5               | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    |
| 3           | 5               | 0,872088329  | 0,431 | 0,348835331    |
| 4           | 10              | 0,09556372   | 1,302 | 0,038225488    |
| 5           | 12              | 0,095417093  | 1,303 | 0,038166837    |
| 6           | 5               | 3,780718336  | 0,207 | 1,512287335    |
| 7           | 4               | 0            | 0,000 | 0              |
| 8           | 12              | 0            | 0,000 | 0              |
| 9           | 11              | 0,082535112  | 1,401 | 0,033014045    |
| 10          | 12              | 0,095710684  | 1,301 | 0,038284274    |
| 11          | 2               | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    |
| 12          | 4               | 0            | 0,000 | 0              |
| 13          | 5               | 0            | 0,000 | 0              |
| 14          | 12              | 0            | 0,000 | 0              |
| 15          | 12              | 0,124217506  | 1,142 | 0,049687003    |
| 16          | 12              | 0            | 0,000 | 0              |
| 17          | 6               | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    |
| 18          | 2               | 1,0125       | 0,400 | 0,405          |
| 19          | 11              | 0            | 0,000 | 0              |

|    |    |                    |               |                    |
|----|----|--------------------|---------------|--------------------|
| 20 | 12 | 0                  | 0,000         | 0                  |
| 21 | 15 | 4,009801738        | 0,201         | 1,603920695        |
| 22 | 15 | 0                  | 0,000         | 0                  |
| 23 | 15 | 0,110283306        | 1,212         | 0,044113322        |
| 24 | 15 | 0                  | 0,000         | 0                  |
| 25 | 15 | 0,078125           | 1,440         | 0,03125            |
| 26 | 15 | 0,160073357        | 1,006         | 0,064029343        |
| 27 | 15 | 0,872088329        | 0,431         | 0,348835331        |
| 28 | 15 | 0,09556372         | 1,302         | 0,038225488        |
| 29 | 15 | 0,095417093        | 1,303         | 0,038166837        |
| 30 | 15 | 0,160073357        | 1,006         | 0,064029343        |
|    |    | <b>0,405963597</b> | <b>0,6947</b> | <b>0,162385439</b> |

- **Tabel 4.2.1** Data Hasil Percobaan profil 1 lengan 40 diisi air 1/4 tinggi profil periode 3 detik .

| periode 3 s |                 |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1           | -1              | 0,096291     | 1,401 | 0,038516       |
| 2           | 0               | 0,111662     | 1,301 | 0,044665       |
| 3           | 0               | 0,186752     | 1,006 | 0,074701       |
| 4           | -1              | 0,187124     | 1,005 | 0,07485        |
| 5           | -1              | 0,047156     | 2,002 | 0,018862       |
| 6           | 0               | 0,187497     | 1,004 | 0,074999       |
| 7           | -2              | 0,047203     | 2,001 | 0,018881       |
| 8           | -1              | 0,187497     | 1,004 | 0,074999       |
| 9           | 0               | 0,047203     | 2,001 | 0,018881       |
| 10          | -3              | 0,096291     | 1,401 | 0,038516       |
| 11          | -1              | 0,111662     | 1,301 | 0,044665       |
| 12          | 2               | 0,186752     | 1,006 | 0,074701       |
| 13          | -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 14          | 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 15          | 0               | 0            | 0,000 | 0              |

|    |    |                 |               |                 |
|----|----|-----------------|---------------|-----------------|
| 16 | -1 | 0,096291        | 1,401         | 0,038516        |
| 17 | -1 | 0,111662        | 1,301         | 0,044665        |
| 18 | 0  | 0,186752        | 1,006         | 0,074701        |
| 19 | -2 | 0               | 0,000         | 0               |
| 20 | -2 | 0               | 0,000         | 0               |
| 21 | 0  | 0,047156        | 2,002         | 0,018862        |
| 22 | 0  | 0,187497        | 1,004         | 0,074999        |
| 23 | -1 | 0,047203        | 2,001         | 0,018881        |
| 24 | -1 | 1,18125         | 0,400         | 0,4725          |
| 25 | 0  | 0               | 0,000         | 0               |
| 26 | -1 | 0,187497        | 1,004         | 0,074999        |
| 27 | 0  | 0,047203        | 2,001         | 0,018881        |
| 28 | 0  | 1,18125         | 0,400         | 0,4725          |
| 29 | -1 | 0               | 0,000         | 0               |
| 30 | -1 | 0,091146        | 1,440         | 0,036458        |
|    |    | <b>0,161933</b> | <b>1,0131</b> | <b>0,064773</b> |

- **Tabel 4.2.2** Data Hasil Percobaan profil 2 lengan 40 diisi air 1/4 tinggi profil periode 3 detik

| periode 3 s |                 |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1           | -1              | 0,16964      | 1,004 | 0,06786        |
| 2           | 0               | 0,04271      | 2,001 | 0,01708        |
| 3           | 1               | 0,08712      | 1,401 | 0,03485        |
| 4           | 2               | 0,10103      | 1,301 | 0,04041        |
| 5           | 1               | 0,16897      | 1,006 | 0,06759        |
| 6           | 3               | 0            | 0     | 0              |
| 7           | 1               | 0            | 0     | 0              |
| 8           | 1               | 0,042665     | 2,002 | 0,01707        |
| 9           | 1               | 0,169640     | 1,004 | 0,06786        |
| 10          | 0               | 0,042707     | 2,001 | 0,01708        |

|    |    |               |               |               |
|----|----|---------------|---------------|---------------|
| 11 | 0  | 1,068750      | 0,400         | 0,42750       |
| 12 | 3  | 0             | 0             | 0             |
| 13 | -1 | 0,082465      | 1,440         | 0,03299       |
| 14 | 1  | 0,168966      | 1,006         | 0,06759       |
| 15 | 0  | 0,920538      | 0,431         | 0,36822       |
| 16 | 1  | 0,100873      | 1,302         | 0,04035       |
| 17 | 1  | 0,100718      | 1,303         | 0,04029       |
| 18 | 1  | 3,990758      | 0,207         | 1,59630       |
| 19 | 1  | 0             | 0             | 0             |
| 20 | -1 | 0             | 0             | 0             |
| 21 | 2  | 0             | 0             | 0             |
| 22 | 1  | 4,232569      | 0,201         | 1,69303       |
| 23 | 1  | 0             | 0,000         | 0             |
| 24 | 1  | 0,116410      | 1,212         | 0,04656       |
| 25 | 1  | 0             | 0             | 0             |
| 26 | 0  | 0,082465      | 1,440         | 0,03299       |
| 27 | 2  | 0,168966      | 1,006         | 0,06759       |
| 28 | 3  | 0,920538      | 0,431         | 0,36822       |
| 29 | 1  | 0,100873      | 1,302         | 0,04035       |
| 30 | 1  | 0,100718      | 1,303         | 0,04029       |
|    |    | <b>0,4327</b> | <b>0,8235</b> | <b>0,1731</b> |

- **Tabel 4.2.3** Data Hasil Percobaan profil 3 lengan 40 diisi air 1/4 tinggi profil periode 3 detik

| periode 3 s |                 |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | T (s) | torque S1 (Nm) |
| 1           | -12             | 0,09571      | 1,301 | 0,03828        |
| 2           | -4              | 0,16007      | 1,006 | 0,06403        |
| 3           | -3              | 0            | 0     | 0              |
| 4           | -1              | 0            | 0     | 0              |

|    |     |                 |               |                |
|----|-----|-----------------|---------------|----------------|
| 5  | -5  | 0,04042         | 2,002         | 0,01617        |
| 6  | -3  | 0,16071         | 1,004         | 0,06428        |
| 7  | -3  | 0,04046         | 2,001         | 0,01618        |
| 8  | -7  | 1,0125          | 0,400         | 0,40500        |
| 9  | -4  | 0,08254         | 1,401         | 0,03301        |
| 10 | -8  | 0,09571         | 1,301         | 0,03828        |
| 11 | -3  | 0,16007         | 1,006         | 0,06403        |
| 12 | 4   | 0               | 0             | 0              |
| 13 | -5  | 0               | 0             | 0              |
| 14 | -4  | 0,04042         | 2,002         | 0,01617        |
| 15 | -2  | 0,16071         | 1,004         | 0,06428        |
| 16 | 0   | 0,04046         | 2,001         | 0,01618        |
| 17 | -5  | 0,09571         | 1,301         | 0,03828        |
| 18 | -5  | 0,16007         | 1,006         | 0,06403        |
| 19 | -6  | 0               | 0             | 0              |
| 20 | -15 | 0               | 0             | 0              |
| 21 | -4  | 0,04042         | 2,002         | 0,01617        |
| 22 | -4  | 0,16071         | 1,004         | 0,06428        |
| 23 | -5  | 0,04046         | 2,001         | 0,01618        |
| 24 | 1   | 1,0125          | 0,400         | 0,405          |
| 25 | -4  | 0,08254         | 1,401         | 0,03301        |
| 26 | -6  | 0,16007         | 1,006         | 0,06403        |
| 27 | 0   | 0               | 0             | 0              |
| 28 | -9  | 0               | 0             | 0              |
| 29 | -4  | 0,04042         | 2,002         | 0,01617        |
| 30 | -5  | 0,16071         | 1,004         | 0,06428        |
|    |     | <b>0,134780</b> | <b>0,9852</b> | <b>0,05391</b> |

- **Tabel 4.3.1** Data Hasil Percobaan profil 1 lengan 40 diisi air 1/2 tinggi profil periode 3 detik

| periode 3 s |            |              |       |                |
|-------------|------------|--------------|-------|----------------|
| time        | delta h S1 | force S1 (N) | T (s) | torque S1 (Nm) |



| (s) | (mm) |                 |                 |                |
|-----|------|-----------------|-----------------|----------------|
| 1   | -3   | 0,091146        | 1,440           | 0,036458       |
| 2   | -3   | 0,186752        | 1,006           | 0,074701       |
| 3   | -3   | 1,017436        | 0,431           | 0,406975       |
| 4   | -3   | 0,111491        | 1,302           | 0,044596       |
| 5   | -5   | 0,11132         | 1,303           | 0,044528       |
| 6   | -3   | 4,410838        | 0,207           | 1,764335       |
| 7   | -2   | 1,061297        | 0,422           | 0,424519       |
| 8   | -4   | 4,725           | 0,200           | 1,89           |
| 9   | -3   | 0,304375        | 0,788           | 0,12175        |
| 10  | -4   | 0,187124        | 1,005           | 0,07485        |
| 11  | -5   | 0,047156        | 2,002           | 0,018862       |
| 12  | -5   | 0,187497        | 1,004           | 0,074999       |
| 13  | -1   | 0,047203        | 2,001           | 0,018881       |
| 14  | -1   | 0               | 0,000           | 0              |
| 15  | -3   | 0,128664        | 1,212           | 0,051466       |
| 16  | -4   | 0               | 0,000           | 0              |
| 17  | -3   | 0,091146        | 1,440           | 0,036458       |
| 18  | -3   | 0,186752        | 1,006           | 0,074701       |
| 19  | -2   | 1,017436        | 0,431           | 0,406975       |
| 20  | -2   | 0,111491        | 1,302           | 0,044596       |
| 21  | -4   | 0,11132         | 1,303           | 0,044528       |
| 22  | -3   | 4,410838        | 0,207           | 1,764335       |
| 23  | 0    | 0               | 0,000           | 0              |
| 24  | -2   | 0               | 0,000           | 0              |
| 25  | -4   | 0,096291        | 1,401           | 0,038516       |
| 26  | -3   | 0,111662        | 1,301           | 0,044665       |
| 27  | -4   | 0,186752        | 1,006           | 0,074701       |
| 28  | -2   | 0               | 0,000           | 0              |
| 29  | 0    | 0               | 0,000           | 0              |
| 30  | -3   | 0,096291        | 1,401           | 0,038516       |
|     |      | <b>0,634576</b> | <b>0,837367</b> | <b>0,25383</b> |

- **Tabel 4.3.1** Data Hasil Percobaan profil 2 lengan 40 diisi air 1/2 tinggi profil periode 3 detik

| periode 3 s |                 |                 |               |                  |
|-------------|-----------------|-----------------|---------------|------------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N)    | t             | torque S1 (Nm)   |
| 1           | -1              | 0,168966        | 1,006         | 0,0675865        |
| 2           | 0               | 0,920538        | 0,431         | 0,3682151        |
| 3           | -1              | 0               | 0             | 0                |
| 4           | 0               | 0,100718        | 1,303         | 0,0402872        |
| 5           | 1               | 0,168966        | 1,006         | 0,0675865        |
| 6           | 0               | 0,920538        | 0,431         | 0,3682151        |
| 7           | -1              | 0,100873        | 1,302         | 0,0403491        |
| 8           | 0               | 0,100718        | 1,303         | 0,0402872        |
| 9           | -1              | 0               | 0             | 0                |
| 10          | -1              | 0               | 0             | 0                |
| 11          | -1              | 0               | 0             | 0                |
| 12          | -1              | 4,232569        | 0,201         | 1,6930274        |
| 13          | 2               | 0               | 0             | 0                |
| 14          | 1               | 0,116410        | 1,212         | 0,0465641        |
| 15          | 0               | 0               | 0,000         | 0                |
| 16          | -2              | 0,082465        | 1,440         | 0,0329861        |
| 17          | 0               | 0,168966        | 1,006         | 0,0675865        |
| 18          | -1              | 0,920538        | 0,431         | 0,3682151        |
| 19          | 1               | 0,100873        | 1,302         | 0,0403491        |
| 20          | 1               | 0               | 0             | 0                |
| 21          | -2              | 3,990758        | 0,207         | 1,5963033        |
| 22          | 1               | 0,082465        | 1,440         | 0,0329861        |
| 23          | 0               | 0,168966        | 1,006         | 0,0675865        |
| 24          | 1               | 0,920538        | 0,431         | 0,3682151        |
| 25          | -2              | 0,100873        | 1,302         | 0,0403491        |
| 26          | -2              | 0,100718        | 1,303         | 0,0402872        |
| 27          | -3              | 0,000000        | 0             | 0                |
| 28          | -1              | 0,168966        | 1,006         | 0,0675865        |
| 29          | 1               | 0,920538        | 0,431         | 0,3682151        |
| 30          | -1              | 0,784084        | 0,467         | 0,3136334        |
|             |                 | <b>0,511368</b> | <b>0,6656</b> | <b>0,2045472</b> |

**Tabel 4.3.1** Data Hasil Percobaan profil 3 lengan 40  
diisi air 1/2 tinggi profil periode 3 detik

| periode 3 s |                 |                 |                 |                 |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N)    | t               | orque S1 (Nm)   |
| 1           | -4              | 0,095564        | 1,302           | 0,038225        |
| 2           | -2              | 0,095417        | 1,303           | 0,038167        |
| 3           | -6              | 3,780718        | 0,207           | 1,512287        |
| 4           | -2              | 0,872088        | 0,431           | 0,348835        |
| 5           | -7              | 0,095417        | 1,303           | 0,038167        |
| 6           | -8              | 3,780718        | 0,207           | 1,512287        |
| 7           | -4              | 0               | 0,000           | 0               |
| 8           | -1              | 0               | 0,000           | 0               |
| 9           | -6              | 0,082535        | 1,401           | 0,033014        |
| 10          | -5              | 0,095711        | 1,301           | 0,038284        |
| 11          | -4              | 0,160073        | 1,006           | 0,064029        |
| 12          | 0               | 0               | 0,000           | 0               |
| 13          | 2               | 0               | 0,000           | 0               |
| 14          | 4               | 0,040419        | 2,002           | 0,016168        |
| 15          | -3              | 0,160712        | 1,004           | 0,064285        |
| 16          | -3              | 0               | 0,000           | 0               |
| 17          | 0               | 4,009802        | 0,201           | 1,603921        |
| 18          | -5              | 0               | 0,000           | 0               |
| 19          | -12             | 0,110283        | 1,212           | 0,044113        |
| 20          | 1               | 0               | 0,000           | 0               |
| 21          | -7              | 0,078125        | 1,440           | 0,03125         |
| 22          | 2               | 0,160073        | 1,006           | 0,064029        |
| 23          | -4              | 0,872088        | 0,431           | 0,348835        |
| 24          | 0               | 0,095564        | 1,302           | 0,038225        |
| 25          | -8              | 0,095417        | 1,303           | 0,038167        |
| 26          | -13             | 3,780718        | 0,207           | 1,512287        |
| 27          | -11             | 0,872088        | 0,431           | 0,348835        |
| 28          | -8              | 0,095564        | 1,302           | 0,038225        |
| 29          | -12             | 0,095417        | 1,303           | 0,038167        |
| 30          | -6              | 3,780718        | 0,207           | 1,512287        |
|             |                 | <b>0,776841</b> | <b>0,727067</b> | <b>0,310736</b> |

#### 4.4 Validasi Data Hasil Percobaan

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai cara perhitungan dari data yang diperoleh dari hasil percobaan, adapun langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

- Daya yang dibutuhkan oleh sensor.

$$P = V \times I$$

Dimana,  $P$  = Daya listrik (Watt)

$V$  = Tegangan listrik (V)

$I$  = Arus listrik (A)

$$V = 5 \text{ V}$$

$$I = 20 \text{ mA} + 50 \text{ mA}$$

$$= 70 \text{ mA}$$

$$= 0.07 \text{ A}$$

Jadi,  $P = V \times I$

$$= 5 \times 0.07$$

$$P = 0.35 \text{ W}$$

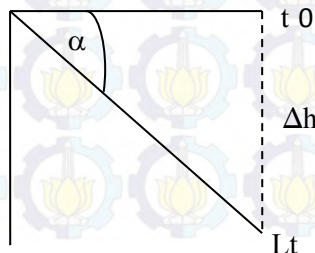
- Mencari perubahan ketinggian

$$\Delta h = L \sin \alpha$$

Dimana,  $\Delta h$  = perubahan ketinggian lengan (mm)

$L$  = panjang lengan (mm)

Untuk  $\Delta h$  didapatkan dari perubahan ketinggian lengan dari posisi awal ke posisi akhir pada saat terkena gelombang. Nilai  $\Delta h$  bisa langsung didapat dari deteksi derajat oleh sensor dengan menggunakan rumus sinus bidang segitiga.



Kemudian dari perubahan ketinggian maka didapat kecepatan gerak pelampung dengan menurunkannya terhadap perubahan waktu ( $t$ ). Nilai  $t$  bisa langsung didapat dari sensor yang bekerja

- Mencari nilai percepatan

Sebelum mencari percepatan maka harus diketahui nilai jarak terlebih dahulu dengan rumus :

$$v = \frac{s}{t}$$

Dimana,  $v$  = Kecepatan (m/s)

$s$  = Jarak yang ditempuh (m)

$t$  = Waktu tempuh (s)

setelah mendapatkan nilai jarak maka bisa diperoleh nilai dari percepatan dengan rumus sebagai berikut:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{v_t - v_o}{t_t - t_o}$$

Dimana,  $a$  = percepatan ( $\text{m/s}^2$ )

$v_t$  = kecepatan akhir (m/s)

$v_o$  = kecepatan awal (m/s)

$t_t$  = waktu akhir (sekon)

$t_o$  = waktu awal (sekon)

Perhitungannya sebagai berikut :

a. Data diambil dari data profil pelampung 1 sarat kosong:

a ) Panjang = 20,2 cm      b) Panjang = 9,8 cm

Tinggi = 5 cm      Tinggi = 5 cm

Lebar = 5 cm      Lebar = 5 cm

Luas =  $P \times l$       Luas =  $\frac{1}{2} \times P \times l$

=  $20,2 \times 5$       = 24,5

= 101  $\text{cm}^2$

Volume =  $L \times t$       Volume II =  $L \times t$

=  $20,2 \times 5 \times 5$       =  $24,5 \times 5$

= 505  $\text{cm}^3$       = 122,5  $\text{cm}^3$

Volume pelampung 1 = 627,5  $\text{cm}^3$

b. Data diambil dari data profil pelampung 2 sarat kosong:

a) Panjang = 15 cm      b) Panjang = 4,8 cm

Tinggi = 6 cm      Tinggi = 6 cm

Lebar = 6 cm      Lebar = 6 cm



$$\begin{aligned}\text{Luas} &= P \times l \\ &= 15 \times 6 \\ &= 90 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{2} \times P \times l \\ &= 14,4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= L \times t \\ &= 15 \times 6 \times 6 \\ &= 540 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume II} &= L \times t \\ &= 14,4 \times 6 \\ &= 86,4 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\text{Volume pelampung 2} = 626,4 \text{ cm}^3$$

c. Data diambil dari data profil pelampung 3 sarat kosong:

$$\begin{aligned}\text{a) Panjang} &= 10,6 \text{ cm} \\ \text{Tinggi} &= 7 \text{ cm} \\ \text{Lebar} &= 7 \text{ cm} \\ \text{Luas} &= P \times l \\ &= 10,6 \times 7 \\ &= 74,2 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b) Panjang} &= 4,4 \text{ cm} \\ \text{Tinggi} &= 7 \text{ cm} \\ \text{Lebar} &= 7 \text{ cm} \\ \text{Luas} &= \frac{1}{2} \times P \times l \\ &= 15,4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= L \times t \\ &= 74,2 \times 7 \\ &= 519,4 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume II} &= L \times t \\ &= 15,4 \times 7 \\ &= 107,8 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\text{Volume pelampung 3} = 627,2 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Dimana,} \\ S &= 18 \text{ mm} \\ &= 0.018 \text{ m}\end{aligned}$$

$$v = \frac{s}{t}$$

- Benda profil 1 pada lengan 40 cm sarat kosong

$$v1 = \frac{0.018}{0,659}$$

$$v_1 = 0,0273 \text{ m/s}$$

Sehingga,

$$a = \frac{v_t - v_o}{t_t - t_o}$$

$$a = \frac{0 - 0,0273}{0,659 - 0}$$

$$a = 0,041 \text{ m/s}^2$$

- Mencari nilai gaya

Setelah mendapat nilai percepatan maka bisa didapat nilai gaya dengan rumus dibawah ini :

$$F = m \times a$$

Dimana, F = Gaya (N)

m = massa (kg)

a = percepatan ( $\text{m/s}^2$ )

perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F &= m \times a \\ &= 10,5 \times 0,041 \\ &= 0,44 \text{ N} \end{aligned}$$

Mencari nilai Torsi

Setelah mendapatkan nilai gaya maka dapat didapat nilai Torsi dengan rumus dibawah ini :

$$\tau = F \times L$$

Dimana, F = Gaya (N)

L = Panjang Lengan (m)

Perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \tau &= F \times L \\ &= 0,44 \times 0,4 \\ &= 0,176 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Mencari energi gelombang

Sebelum mencari nilai energy gelombang terlebih dahulu harus mencari berapa nilai dari panjang gelombang dengan rumus dibawah ini :

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$\lambda = v \times T$$

Dimana,  $\alpha$  = panjang gelombang (m)

$$E = \frac{\rho \times g \times H^2 \times \lambda}{8}$$

Dimana,  $\rho$  = Massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = Gravitasi ( $9.8 \text{ m/s}^2$ )

$H$  = Tinggi gelombang (m)

$\alpha$  = Panjang gelombang (m)

Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\lambda = v \times T$$

$$\lambda = 0.0273 \times 0,659$$

$$\lambda = 0,018 \text{ m}$$

Jadi,

$$E = \frac{\rho \times g \times H^2 \times \lambda}{8}$$

$$E = \frac{1000 \times 9.8 \times 0.018^2 \times 0.018}{8}$$

$$E = 0.03175 \text{ kgm/s}^2$$

- Benda profil 2 pada lengan 40 cm sarat kosong

$$v_2 = \frac{0.018}{0,628}$$

$$v_2 = 0.0286 \text{ m/s}$$

Sehingga,

$$a = \frac{v_t - v_o}{t_t - t_o}$$

$$a = \frac{0 - 0.0286}{0,628 - 0}$$

$$a = 0.046 \text{ m/s}^2$$

- Mencari nilai gaya  
Setelah mendapat nilai percepatan maka bisa didapat nilai gaya dengan rumus dibawah ini :

$$F = m \times a$$

Dimana, F = Gaya (N)

m = massa (kg)

a = percepatan ( $m/s^2$ )

perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F &= m \times a \\ &= 9,5 \times 0,046 \\ &= 0,433 \text{ N} \end{aligned}$$

Mencari nilai Torsi

Setelah mendapatkan nilai gaya maka dapat didapat nilai Torsi dengan rumus dibawah ini :

$$\tau = F \times L$$

Dimana, F = Gaya (N)

L = Panjang Lengan (m)

Perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \tau &= F \times L \\ &= 0,433 \times 0,4 \\ &= 0,173 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Mencari energi gelombang

Sebelum mencari nilai energy gelombang terlebih dahulu harus mencari berapa nilai dari panjang gelombang dengan rumus dibawah ini :

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$\lambda = v \times T$$

Dimana,  $\alpha$  = panjang gelombang (m)

$$E = \frac{\rho \times g \times H^2 \times \lambda}{8}$$

Dimana,  $\rho$  = Massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = Gravitasi ( $9.8 \text{ m/s}^2$ )

$H$  = Tinggi gelombang (m)

$\alpha$  = Panjang gelombang (m)

Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\lambda = v \times T$$

$$\lambda = 0.0286 \times 0,628$$

$$\lambda = 0,018 \text{ m}$$

Jadi,

$$E = \frac{\rho \times g \times H^2 \times \lambda}{8}$$

$$E = \frac{1000 \times 9.8 \times 0.018^2 \times 0.018}{8}$$

$$E = 0.03175 \text{ kgm/s}^2$$

- Benda profil 3 pada lengan 40 cm sarat kosong

$$v_3 = \frac{0.018}{0,695}$$

$$v_3 = 0.0259 \text{ m/s}$$

Sehingga,

$$a = \frac{v_t - v_o}{t_t - t_o}$$



$$a = \frac{0 - 0.0259}{0,695 - 0}$$

$$a = 0,0373 \text{ m/s}^2$$

- Mencari nilai gaya  
Setelah mendapat nilai percepatan maka bisa didapat nilai gaya dengan rumus dibawah ini :

$$F = m \times a$$

Dimana, F = Gaya (N)

m = massa (kg)

a = percepatan ( $\text{m/s}^2$ )

perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F &= m \times a \\ &= 9 \times 0,0373 \\ &= 0,33 \text{ N} \end{aligned}$$

Mencari nilai Torsi

Setelah mendapatkan nilai gaya maka dapat didapat nilai Torsi dengan rumus dibawah ini :

$$\tau = F \times L$$

Dimana, F = Gaya (N)

L = Panjang Lengan (m)

Perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \tau &= F \times L \\ &= 0,33 \times 0,4 \\ &= 0,134 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Mencari energi gelombang

Sebelum mencari nilai energy gelombang terlebih dahulu harus mencari berapa nilai dari panjang gelombang dengan rumus dibawah ini :

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$\lambda = v \times T$$

Dimana,  $\alpha$  = panjang gelombang (m)

$$E = \frac{\rho \times g \times H^2 \times \lambda}{8}$$

Dimana,  $\rho$  = Massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = Gravitasi ( $9.8 \text{ m/s}^2$ )

$H$  = Tinggi gelombang (m)

$\alpha$  = Panjang gelombang (m)

Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\lambda = v \times T$$

$$\lambda = 0.0259 \times 0.695$$

$$\lambda = 0.018 \text{ m}$$

Jadi,

$$E = \frac{\rho \times g \times H^2 \times \lambda}{8}$$

$$E = \frac{1000 \times 9.8 \times 0.018^2 \times 0.018}{8}$$

$$E = 0.03175 \text{ kgm/s}^2$$

#### 4.4.1 Data Dari Hasil Validasi

**Tabel 4.5.1** Hasil validasi perhitungan gaya pada profil 1 lengan 40 cm

| gaya lengan 40 syarat kosong |              |               |
|------------------------------|--------------|---------------|
| periode<br>3                 | periode<br>7 | periode<br>10 |
| 0,634                        | 0,651        | 0,823         |

| gaya lengan 40 syarat 1/4 air |         |         |
|-------------------------------|---------|---------|
| periode                       | periode | periode |

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 3     | 7     | 10    |
| 0,162 | 0,651 | 0,377 |

|                               |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| gaya lengan 40 syarat 1/2 air |           |            |
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,635                         | 0,697     | 0,676      |

|                               |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| gaya lengan 40 syarat 3/4 air |           |            |
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,365                         | 0,479     | 0,446      |

**Tabel 4.5.2** Hasil validasi perhitungan gaya pada profil 2 lengan 40 cm

|                              |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| gaya lengan 40 syarat kosong |           |            |
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,523                        | 0,620     | 0,654      |

|                               |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| gaya lengan 40 syarat 1/4 air |           |            |
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,433                         | 0,685     | 0,752      |

|                               |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| gaya lengan 40 syarat 1/2 air |           |            |
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,511                         | 0,168     | 0,147      |

|                               |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| gaya lengan 40 syarat 3/4 air |           |            |
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,300                         | 0,911     | 0,457      |

**Tabel 4.5.3** Hasil validasi perhitungan gaya pada profil 3 lengan  
40 cm

| gaya lengan 40 syarat kosong |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,406                        | 0,568     | 0,559      |

| gaya lengan 40 syarat 1/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,135                         | 0,341     | 0,555      |

| gaya lengan 40 syarat 1/2 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,777                         | 0,479     | 0,256      |

| gaya lengan 40 syarat 3/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,200                         | 0,265     | 0,289      |

**Tabel 4.6.1** Hasil validasi perhitungan gaya pada profil 1 lengan  
30 cm

| gaya lengan 30 syarat kosong |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,532                        | 0,430     | 0,619      |

| gaya lengan 30 syarat 1/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,715                         | 0,402     | 0,299      |

| gaya lengan 30 syarat 1/2 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,651                         | 0,678     | 0,635      |

| gaya lengan 30 syarat 3/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,552                         | 0,447     | 0,474      |

**Tabel 4.6.2** Hasil validasi perhitungan gaya pada profil 2 lengan 30 cm

| gaya lengan 30 syarat kosong |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,481                        | 0,560     | 0,560      |

| gaya lengan 30 syarat 1/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,294                         | 0,590     | 0,319      |

| gaya lengan 30 syarat 1/2 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,436                         | 0,358     | 0,079      |

| gaya lengan 30 syarat 3/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,574                         | 0,611     | 0,333      |



**Tabel 4.6.3** Hasil validasi perhitungan gaya pada profil 3 lengan  
30 cm

| gaya lengan 30 syarat kosong |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,456                        | 0,559     | 0,606      |

| gaya lengan 30 syarat 1/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,434                         | 0,559     | 0,533      |

| gaya lengan 30 syarat 1/2 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,609                         | 0,559     | 0,533      |

| gaya lengan 30 syarat 3/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,577                         | 0,200     | 0,456      |

**Tabel 4.7.1** Hasil validasi perhitungan gaya pada profil 1 lengan  
25 cm

| gaya lengan 25 syarat kosong |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,474                        | 0,685     | 0,250      |

| gaya lengan 25 syarat 1/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,482                         | 0,663     | 0,087      |

| gaya lengan 25 syarat 1/2 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
|                               |           |            |

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 0,435 | 0,434 | 0,087 |
|-------|-------|-------|

| gaya lengan 25 syarat 3/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,683                         | 0,349     | 0,474      |

**Tabel 4.7.2** Hasil validasi perhitungan gaya pada profil 2 lengan 25 cm

| gaya lengan 25 syarat kosong |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,389                        | 0,620     | 0,485      |

| gaya lengan 25 syarat 1/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,590                         | 0,433     | 0,330      |

| gaya lengan 25 syarat 1/2 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,147                         | 0,433     | 0,358      |

| gaya lengan 25 syarat 3/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,574                         | 0,911     | 0,190      |

**Tabel 4.7.3** Hasil validasi perhitungan gaya pada profil 3 lengan 25 cm

| gaya lengan 25 syarat kosong |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,559                        | 0,764     | 0,649      |

| gaya lengan 25 syarat 1/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,456                         | 0,559     | 0,777      |

| gaya lengan 25 syarat 1/2 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,559                         | 0,480     | 0,333      |

| gaya lengan 25 syarat 3/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,456                         | 0,559     | 0,200      |

**Tabel 4.8.1** Hasil validasi perhitungan energi gelombang pada profil 1

| lengan 40                  |        |       |       |       |
|----------------------------|--------|-------|-------|-------|
| Ep/Eg (kg/m <sup>2</sup> ) |        |       |       |       |
| T                          | kosong | 1/4   | 1/2   | 3/4   |
| 3                          | 4,608  | 4,962 | 2,442 | 2,927 |
| 7                          | 3,184  | 3,184 | 1,538 | 2,142 |
| 10                         | 3,670  | 2,497 | 2,927 | 2,391 |

| lengan 30                  |        |       |       |       |
|----------------------------|--------|-------|-------|-------|
| Ep/Eg (kg/m <sup>2</sup> ) |        |       |       |       |
| T                          | kosong | 1/4   | 1/2   | 3/4   |
| 3                          | 3,438  | 2,974 | 3,184 | 5,418 |
| 7                          | 5,136  | 3,015 | 1,827 | 5,514 |
| 10                         | 3,436  | 4,590 | 1,444 | 5,562 |

| lengan 25 |  |  |  |  |
|-----------|--|--|--|--|
|-----------|--|--|--|--|

| Ep/Eg (kg/m <sup>2</sup> ) |        |       |       |       |
|----------------------------|--------|-------|-------|-------|
| T                          | kosong | 1/4   | 1/2   | 3/4   |
| 3                          | 5,562  | 3,153 | 5,492 | 2,118 |
| 7                          | 5,668  | 1,556 | 3,862 | 2,292 |
| 10                         | 5,649  | 7,516 | 7,516 | 2,552 |

**Tabel 4.8.2** Hasil validasi perhitungan energi gelombang pada profil 2

| lengan 40                  |        |       |       |       |
|----------------------------|--------|-------|-------|-------|
| Ep/Eg (kg/m <sup>2</sup> ) |        |       |       |       |
| T                          | kosong | 1/4   | 1/2   | 3/4   |
| 3                          | 2,640  | 3,670 | 4,099 | 3,446 |
| 7                          | 2,703  | 5,310 | 4,236 | 1,200 |
| 10                         | 2,783  | 3,296 | 5,093 | 2,048 |

| lengan 30                  |        |       |       |        |
|----------------------------|--------|-------|-------|--------|
| Ep/Eg (kg/m <sup>2</sup> ) |        |       |       |        |
| T                          | kosong | 1/4   | 1/2   | 3/4    |
| 3                          | 3,438  | 5,253 | 0,892 | 4,608  |
| 7                          | 3,556  | 4,577 | 1,356 | 14,494 |
| 10                         | 3,613  | 2,709 | 7,952 | 14,231 |

| lengan 25                  |        |       |       |       |
|----------------------------|--------|-------|-------|-------|
| Ep/Eg (kg/m <sup>2</sup> ) |        |       |       |       |
| T                          | kosong | 1/4   | 1/2   | 3/4   |
| 3                          | 5,136  | 2,055 | 4,962 | 2,442 |
| 7                          | 2,703  | 1,772 | 3,670 | 3,374 |
| 10                         | 2,641  | 2,251 | 2,212 | 2,361 |

**Tabel 4.8.3** Hasil validasi perhitungan energi gelombang pada profil 3

| lengan 40      |        |       |       |       |
|----------------|--------|-------|-------|-------|
| Ep/Eg (kgn/m2) |        |       |       |       |
| T              | kosong | 1/4   | 1/2   | 3/4   |
| 3              | 5,562  | 5,731 | 2,307 | 4,585 |
| 7              | 1,556  | 0,350 | 2,589 | 5,850 |
| 10             | 2,055  | 4,360 | 1,136 | 2,820 |

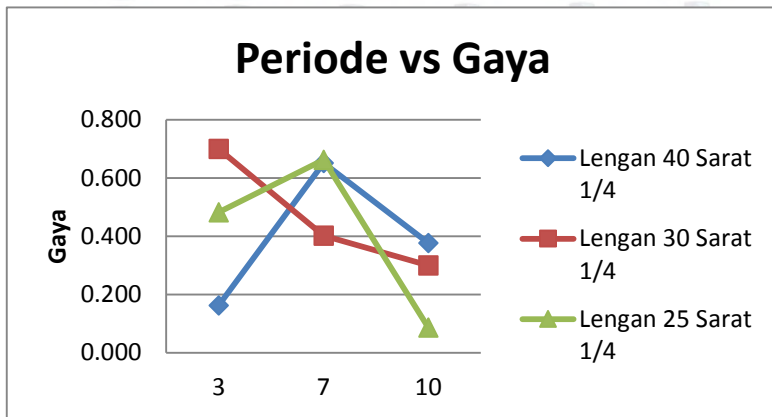
| lengan 30      |        |       |       |       |
|----------------|--------|-------|-------|-------|
| Ep/Eg (kgn/m2) |        |       |       |       |
| T              | kosong | 1/4   | 1/2   | 3/4   |
| 3              | 3,438  | 2,877 | 2,145 | 2,060 |
| 7              | 2,055  | 2,055 | 1,426 | 0,668 |
| 10             | 3,405  | 1,543 | 1,888 | 0,728 |

| lengan 25      |        |       |       |       |
|----------------|--------|-------|-------|-------|
| Ep/Eg (kgn/m2) |        |       |       |       |
| T              | kosong | 1/4   | 1/2   | 3/4   |
| 3              | 3,707  | 3,438 | 2,055 | 3,438 |
| 7              | 3,329  | 2,288 | 1,875 | 2,578 |
| 10             | 2,251  | 2,018 | 1,255 | 1,463 |



## 4.5 Pembahasan

Data-data yang ada didalam table pada sub bab diatas kemudian diplotkan kedalam bentuk grafik untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing percobaan yang telah divariasikan. Berikut adalah pembahasan dari masing - masing table tersebut.



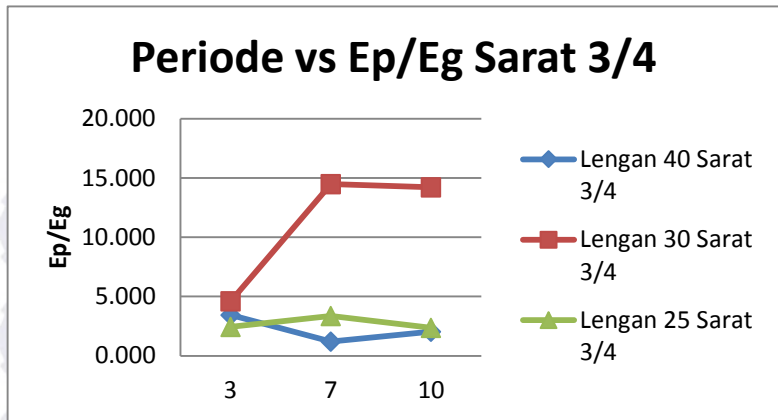
**Gambar 4.6** Grafik hubungan antara periode dengan gaya

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa hubungan antara periode dengan gaya pada pelampung profil 1di sarat  $\frac{1}{4}$  pada ketiga variasi lengan bervariasi dimana besar periode dan gaya dipengaruhi oleh perhitungan gaya secara manual dan pembacaan tinggi gelombang.

### 4.5.1 Grafik Hubungan Antara Periode dan Gaya

Pada sub bab ini akan dibuat grafik hubungan antara periode dengan gaya pada masing masing profil pelampung saat sarat kosong yang mengacu pada data-data yang ada pada tabel pada sub bab diatas grafik-grafik tersebut nantinya akan

dilakukan suatu pembahasan untuk menjawab rumusan masalah yang akan digunakan untuk menarik suatu kesimpulan.



**Gambar 4.6** Grafik hubungan antara periode dengan  $E_p/E_g$

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa hubungan antara periode dengan energi gelombang pada pelampung dengan sarat 3/4 pada ukuran lengan 25 cm dan lengan 40 cm pada periode 7 berbanding terbalik. Nilai energi gelombang terbesar terdapat pada panjang lengan 30 cm yaitu 14,49 sedangkan nilai paling kecil terdapat pada panjang lengan 40 cm yaitu 1,19.

#### 4.6 Perbandingan dengan menggunakan metode **JONSWAP**

Spectrum gelombang merupakan didtribusi dari suatu energy gelombang sebagai fungsi dari frekuensi yang menerangkan jumlah total energy yang terpindahkan (*transmitted*) dari suatu daerah gelombang yang diberikan. Umumnya dapat dirumuskan dengan

$$S(\omega) = 4 \int_0^{\infty} R(\tau) \cos 2\pi\omega\tau d\tau$$

$$R(\tau) = E[x(t)x(t + \tau)]$$

Dimana:

$\omega$  : frekuensi gelombang (rad/s)

$R(t)$  : fungsi autocorrelation permukaan air dengan seri waktu

$I$  : data waktu yang paling akhir diantara smpel

##### 4.6.1 perhitungan koeifisien energy gelombang tiap profil

Hasil perhitungan tinggi gelombang digunakan sebagai input untuk perhitungan gelombang refleksi. Dibawah ini ditampilkan hasil perhitungan koeifisien refleksi untuk masing-masing variasi model pelampung. Untuk tinggi gelombang dilakukan dengan persamaan menggunakan software visual basic dan sensor. Hasil tinggi gelombang ditampilkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.9.1 tinggi gelombang tiap profil

| PERIODE<br>(T) | MODEL PROFIL |    |    |
|----------------|--------------|----|----|
|                | P1           | P2 | P3 |
| 3              | 2            | 2  | 2  |

|    |    |   |   |
|----|----|---|---|
| 7  | -3 | 3 | 2 |
| 10 | 3  | 1 | 2 |

Tabel 4.9.2 nilai koefisien energi gelombang untuk profil 1

| case (berdasarkan tinggi gelombang rencana) | periode | jenis gelombang |
|---|---------|-----------------|
| profil 1<br>( $H_i = 0,04\text{m}$ )        | 3       | irreguler       |
|   | 7       | irreguler       |
|   | 10      | irreguler       |
| profil 2<br>( $H_i = 0,05\text{m}$ )        | 3       | irreguler       |
|   | 7       | irreguler       |
|   | 10      | irreguler       |
| case 3<br>( $H_i = 0,06\text{m}$ )          | 3       | irreguler       |
|   | 7       | irreguler       |
|   | 10      | irreguler       |

Untuk mendapatkan pemodelan fisik yang baik atau sesuai dengan kondisi prototipenya, maka perlu dilakukan kalibrasi untuk meminimalisir efek error pada saat pengujian.

#### 4.7 perhitungan koefisien panjang gelombang.

Hasil perhitungan panjang gelombang digunakan sebagai input untuk perhitungan gelombang refleksi. Dibawah ini ditampilkan hasil untuk masing – masing variasi model pelampung.

Tabel 4.9.4 nilai koeifisien refleksi

| Hs<br>(m) | T    | Cr   | Hs<br>(m) | T    | Cr   |
|-----------|------|------|-----------|------|------|
| 13        | 1,09 | 0,69 | 9,39      | 1,25 | 0,74 |
| 13,5      | 1,25 | 0,66 | 9,64      | 1,39 | 0,68 |
| 14        | 1,52 | 0,64 | 10        | 1,39 | 0,67 |
| 9         | 1,16 | 0,42 | 10,8      | 1,13 | 0,49 |
| 10        | 1,31 | 0,38 | 11        | 1,25 | 0,44 |
| 10,5      | 1,66 | 0,36 | 12        | 1,39 | 0,4  |
| 12,7      | 1,06 | 0,27 | 13        | 1,13 | 0,3  |
| 13,04     | 1,04 | 0,25 | 14,2      | 1,25 | 0,28 |
| 14,,75    | 1,66 | 0,24 | 14,7      | 1,51 | 0,26 |



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil simulasi, analisa data, dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

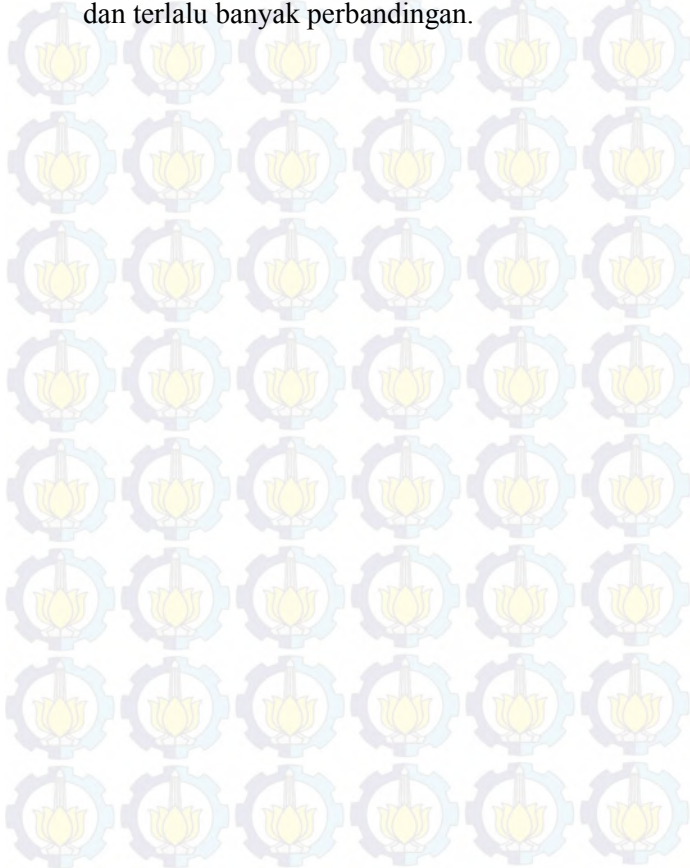
1. pada ketiga variasi panjang lengan 25 cm, 30 cm, dan 40 cm, panjang lengan yang dapat menghasilkan nilai gaya yang besar yaitu pada profil 1 dengan panjang lengan 30 cm dengan nilai torsi 20,611 N. Semakin panjang ukuran lengan yang dihasilkan maka semakin besar gaya yang dihasilkan oleh lengan anguk dan juga terdapat pengaruh variasi profil pelampung dan daya ombak yang ditimbulkan.
2. Energi gelombang yang dihasilkan dari simulasi lengan anguk dengan nilai terbesar terdapat pada profil 2 pada syarat air  $\frac{3}{4}$  di panjang lengan 30 pada dengan nilai sebesar 14,494 kgm/s<sup>2</sup>, nilai ini jauh lebih kecil daripada perbandingan awal dengan nilai sebesar 27.2 kgm/s<sup>2</sup>
3. Pada perhitungan dengan menggunakan metode jonswap dapat mempengaruhi hasil dari pembandingan yang menggunakan rumusan dengan software.

#### **5.2 Saran**

Dari hasil percobaan dan kesimpulan yang didapat maka pada penulisan ini kita dapatkan untuk saran yang lebih baik sebagai berikut:

1. Pembuatan gelombang yang lebih canggih agar dapat menghasilkan gelombang sebaik mungkin
2. Menggunakan hardware Bluetooth yang bisa transfer data cepat ke software sehingga hasil data bisa efisien dan sama dengan hasil yang sesungguhnya di percobaan. Sehingga nilai yang didapatkan sempurna.

3. Profil yang lebih kedap air dan meminimalisir kebocoran untuk mendapatkan nilai yang lebih akurat.
4. Penggunaan metode pembandingan lebih akurat dengan membandingkan antara metode jonswap dengan software. Namun memerlukan waktu yang cukup lama dan terlalu banyak perbandingan.





## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brooke, John. 2003. *Ocean Wave Conversion*. Volume : 6, page : 165
- [2] Chakrabarti, S. K. 1987. *Hydrodynamics of offshore structures: mathematical theory and its application in structures*. New York: Springer-Verlag New York Inc.
- [3] Ferdianto, Rian. 2012. *Analisa Gerakan Ponton Akibat Gelombang Regular Dan Irregular Dengan Pendekatan CFD*. Skripsi, Dept. of Marine Engineering, ITS, Surabaya
- [4] Hsu, S. S. 1984. *Sea-Breeze-Like Winds Across The North Wall Of The Gulf Stream ; An Analytical Model*. Journal of geophysical research 89 (C4)
- [5] Journee, J.M.J., and Pinkster, Jacob. *Introduction In Ship Hydromechanic*. Delft University of Technology. 2003.
- [6] Le Mehaute, B. 1976. *An introduction to hydrodynamics and water waves*. New York: Springer-Verlag New York Inc.
- [7] McCormick, Michael E. 1981. *Ocean Wave Energy Conversion*. Department Of Naval Systems Engineering, U.S. Naval Academy. Annapolis, Maryland
- [8] Triatmojo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset

- [9] <http://d-redzmanagement.blogspot.com/2012/02/gelombang-laut.html>
- [10] Gelombang Laut. Diakses pada tanggal 5 September 2012. <http://faiqun.edublogs.org/2008/04/13/gelombang-laut/>
- [11] Gelombang. Diakses pada tanggal 6 Mei 2012. <http://riyn.multiply.com/journal/item/47/Gelombang>
- [12] Jenis – jenis gelombang air. Diakses pada tanggal 14 Februari 2012. <http://rahmat88aceh.wordpress.com/2008/07/19/jenis-jenis-gelombang-air/>
- [13] Macam – macam gelombang dan aplikasinya. Diakses pada tanggal 6 Mei 2012. <http://jarotganteng.blog.uns.ac.id/>



| profil 1 syarat kosong lengan 40       |              |              |       |                |  |                                     |              |       |              |  |                             |              |       |                |  |  |
|--|--------------|--------------|-------|----------------|--|-------------------------------------|--------------|-------|--------------|--|-----------------------------|--------------|-------|----------------|--|--|
| periode 3 s                            |              |              |       |                |  | periode 7 s                         |              |       |              |  | periode 10 s                |              |       |                |  |  |
| s                                      | lta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s) | torque S1 (Nm) |  | delta h S1 (m)                      | force S1 (N) | t     | rque S1 (Nm) |  | delta h S1 (m)              | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |  |  |
| 1                                      | 4            | 1,061        | 0,422 | 0,425          |  | 2                                   | 0,091        | 1,440 | 0,036        |  | -1                          | 0,187497     | 1,004 | 0,07500        |  |  |
| 2                                      | -4           | 4,725        | 0,200 | 1,890          |  | -1                                  | 0,187        | 1,006 | 0,075        |  | 0                           | 0,047203     | 2,001 | 0,01888        |  |  |
| 3                                      | 3            | 0,304        | 0,788 | 0,122          |  | 1                                   | 1,017        | 0,431 | 0,407        |  | 1                           | 0,096291     | 1,401 | 0,03852        |  |  |
| 4                                      | -4           | 0,187        | 1,005 | 0,075          |  | 0                                   | 0,111        | 1,302 | 0,045        |  | 0                           | 0,111662     | 1,301 | 0,04466        |  |  |
| 5                                      | 3            | 0,047        | 2,002 | 0,019          |  | 1                                   | 0,111        | 1,303 | 0,045        |  | 0                           | 0,186752     | 1,006 | 0,07470        |  |  |
| 6                                      | -5           | 0,187        | 1,004 | 0,075          |  | 0                                   | 4,411        | 0,207 | 1,764        |  | 0                           | 0            | 0,000 | 0,00000        |  |  |
| 7                                      | 0            | 0,047        | 2,001 | 0,019          |  | 0                                   | 0,000        | 0,000 | 0,000        |  | 2                           | 0            | 0,000 | 0,00000        |  |  |
| 8                                      | -1           | 1,181        | 0,400 | 0,473          |  | 0                                   | 0,000        | 0,000 | 0,000        |  | 0                           | 0,047156     | 2,002 | 0,01886        |  |  |
| 9                                      | 1            | 0,000        | 0,000 | 0,000          |  | -1                                  | 0,096        | 1,401 | 0,039        |  | 0                           | 0,187497     | 1,004 | 0,07500        |  |  |
| 10                                     | 2            | 0,000        | 0,000 | 0,000          |  | 1                                   | 0,112        | 1,301 | 0,045        |  | 0                           | 0,047203     | 2,001 | 0,01888        |  |  |
| 11                                     | -2           | 4,678        | 0,201 | 1,871          |  | 0                                   | 0,187        | 1,006 | 0,075        |  | 0                           | 1,18125      | 0,400 | 0,47250        |  |  |
| 12                                     | 0            | 0,000        | 0,000 | 0,000          |  | 3                                   | 0,000        | 0,000 | 0,000        |  | 0                           | 0            | 0,000 | 0,00000        |  |  |
| 13                                     | -2           | 0,129        | 1,212 | 0,051          |  | -1                                  | 0,000        | 0,000 | 0,000        |  | 0                           | 0,091146     | 1,440 | 0,03646        |  |  |
| 14                                     | 0            | 0,000        | 0,000 | 0,000          |  | 1                                   | 0,047        | 2,002 | 0,019        |  | 2                           | 0,186752     | 1,006 | 0,07470        |  |  |
| 15                                     | 3            | 0,091        | 1,440 | 0,036          |  | 2                                   | 0,187        | 1,004 | 0,075        |  | 0                           | 1,017436     | 0,431 | 0,40697        |  |  |
| 16                                     | -2           | 0,187        | 1,006 | 0,075          |  | 1                                   | 0,047        | 2,001 | 0,019        |  | 1                           | 0,111491     | 1,302 | 0,04460        |  |  |
| 17                                     | 1            | 1,017        | 0,431 | 0,407          |  | -1                                  | 1,181        | 0,400 | 0,473        |  | -2                          | 0,11132      | 1,303 | 0,04453        |  |  |
| 18                                     | -4           | 0,111        | 1,302 | 0,045          |  | 0                                   | 0,000        | 0,000 | 0,000        |  | 3                           | 4,410838     | 0,207 | 1,76434        |  |  |
| 19                                     | -2           | 0,111        | 1,303 | 0,045          |  | 0                                   | 0,000        | 0,000 | 0,000        |  | -1                          | 0            | 0,000 | 0,00000        |  |  |
| 20                                     | -2           | 4,411        | 0,207 | 1,764          |  | -2                                  | 4,678        | 0,201 | 1,871        |  | 3                           | 0            | 0,000 | 0,00000        |  |  |
| 21                                     | -2           | 0,000        | 0,000 | 0,000          |  | 0                                   | 0,000        | 0,000 | 0,000        |  | -3                          | 0            | 0,000 | 0,00000        |  |  |
| 22                                     | -2           | 0,000        | 0,000 | 0,000          |  | 0                                   | 0,129        | 1,212 | 0,051        |  | 1                           | 4,678102     | 0,201 | 1,87124        |  |  |
| 23                                     | -2           | 0,096        | 1,401 | 0,039          |  | -1                                  | 0,000        | 0,000 | 0,000        |  | -1                          | 0            | 0,000 | 0,00000        |  |  |
| 24                                     | -2           | 0,112        | 1,301 | 0,045          |  | 2                                   | 0,091        | 1,440 | 0,036        |  | 1                           | 0,128664     | 1,212 | 0,05147        |  |  |
| 25                                     | -2           | 0,187        | 1,006 | 0,075          |  | 0                                   | 0,187        | 1,006 | 0,075        |  | -3                          | 0            | 0,000 | 0,00000        |  |  |
| 26                                     | -2           | 0,000        | 0,000 | 0,000          |  | -1                                  | 1,017        | 0,431 | 0,407        |  | 0                           | 0,091146     | 1,440 | 0,03646        |  |  |
| 27                                     | -2           | 0,000        | 0,000 | 0,000          |  | 0                                   | 0,111        | 1,302 | 0,045        |  | -2                          | 0,186752     | 1,006 | 0,07470        |  |  |
| 28                                     | -2           | 0,000        | 0,000 | 0,000          |  | 1                                   | 0,111        | 1,303 | 0,045        |  | 1                           | 1,017436     | 0,431 | 0,40697        |  |  |
| 29                                     | -2           | 0,145        | 1,142 | 0,058          |  | -2                                  | 4,411        | 0,207 | 1,764        |  | 0                           | 0,111491     | 1,302 | 0,04460        |  |  |
| 30                                     | -2           | 0,000        | 0,000 | 0,000          |  | 2                                   | 1,017        | 0,431 | 0,407        |  | -2                          | 0,11132      | 1,303 | 0,04453        |  |  |
| -1,03333 0,633876 0,659133 0,253550362 |              |              |       |                |  | 0,233333 0,651333 0,744567 0,260533 |              |       |              |  | 0,748214 0,823467 0,1912854 |              |       |                |  |  |

-1,03333 0,633876 0,659133 0,253550362

0,233333 0,651333 0,744567 0,260533

0,478214 0,823467 0,19128541

| profil 1 syarat 1/4 air lengan 40 |              |              |       |              |                            |              |       |              |                            |              |       |              |
|-----------------------------------|--------------|--------------|-------|--------------|----------------------------|--------------|-------|--------------|----------------------------|--------------|-------|--------------|
| periode 3 s                       |              |              |       |              | periode 7 s                |              |       |              | periode 10 s               |              |       |              |
| time (s)                          | lta h S1 (m) | force S1 (N) | t     | rque S1 (Nm) | delta h S1 (m)             | force S1 (N) | t     | rque S1 (Nm) | delta h S1 (m)             | force S1 (N) | t     | rque S1 (Nm) |
| 1                                 | -1           | 0,096291     | 1,401 | 0,038516     | 1                          | 0,091146     | 1,440 | 0,036458     | -1                         | 0,187497     | 1,004 | 0,074999     |
| 2                                 | 0            | 0,111662     | 1,301 | 0,044665     | 1                          | 0,186752     | 1,006 | 0,074701     | -2                         | 0,047203     | 2,001 | 0,018881     |
| 3                                 | 0            | 0,186752     | 1,006 | 0,074701     | -1                         | 1,017436     | 0,431 | 0,406975     | -1                         | 0,096291     | 1,401 | 0,038516     |
| 4                                 | -1           | 0,187124     | 1,005 | 0,07485      | 1                          | 0,111491     | 1,302 | 0,044596     | -2                         | 0,111662     | 1,301 | 0,044665     |
| 5                                 | -1           | 0,047156     | 2,002 | 0,018862     | -4                         | 0,11132      | 1,303 | 0,044528     | -1                         | 0,186752     | 1,006 | 0,074701     |
| 6                                 | 0            | 0,187497     | 1,004 | 0,074999     | 2                          | 4,410838     | 0,207 | 1,764335     | -2                         | 0            | 0,000 | 0            |
| 7                                 | -2           | 0,047203     | 2,001 | 0,018881     | -1                         | 0            | 0,000 | 0            | -1                         | 0            | 0,000 | 0            |
| 8                                 | -1           | 0,187497     | 1,004 | 0,074999     | 1                          | 0            | 0,000 | 0            | -2                         | 0,047156     | 2,002 | 0,018862     |
| 9                                 | 0            | 0,047203     | 2,001 | 0,018881     | -3                         | 0,096291     | 1,401 | 0,038516     | 2                          | 0,187497     | 1,004 | 0,074999     |
| 10                                | -3           | 0,096291     | 1,401 | 0,038516     | 1                          | 0,111662     | 1,301 | 0,044665     | -2                         | 0,047203     | 2,001 | 0,018881     |
| 11                                | -1           | 0,111662     | 1,301 | 0,044665     | 3                          | 0,186752     | 1,006 | 0,074701     | -3                         | 1,18125      | 0,400 | 0,4725       |
| 12                                | 2            | 0,186752     | 1,006 | 0,074701     | -1                         | 0            | 0,000 | 0            | -3                         | 0,096291     | 1,401 | 0,038516     |
| 13                                | -1           | 0            | 0,000 | 0            | -1                         | 0            | 0,000 | 0            | 0                          | 0,111662     | 1,301 | 0,044665     |
| 14                                | 1            | 0            | 0,000 | 0            | -1                         | 0,047156     | 2,002 | 0,018862     | -2                         | 0,186752     | 1,006 | 0,074701     |
| 15                                | 0            | 0            | 0,000 | 0            | -1                         | 0,187497     | 1,004 | 0,074999     | -1                         | 0            | 0,000 | 0            |
| 16                                | -1           | 0,096291     | 1,401 | 0,038516     | -1                         | 0,047203     | 2,001 | 0,018881     | -2                         | 0            | 0,000 | 0            |
| 17                                | -1           | 0,111662     | 1,301 | 0,044665     | 0                          | 1,18125      | 0,400 | 0,4725       | -2                         | 0,047156     | 2,002 | 0,018862     |
| 18                                | 0            | 0,186752     | 1,006 | 0,074701     | 0                          | 0            | 0,000 | 0            | -1                         | 0,187497     | 1,004 | 0,074999     |
| 19                                | -2           | 0            | 0,000 | 0            | -1                         | 0            | 0,000 | 0            | 0                          | 0,047203     | 2,001 | 0,018881     |
| 20                                | -2           | 0            | 0,000 | 0            | 3                          | 4,678102     | 0,201 | 1,871241     | -1                         | 1,18125      | 0,400 | 0,4725       |
| 21                                | 0            | 0,047156     | 2,002 | 0,018862     | -2                         | 0            | 0,000 | 0            | 2                          | 0,187497     | 1,004 | 0,074999     |
| 22                                | 0            | 0,187497     | 1,004 | 0,074999     | 0                          | 0,128664     | 1,212 | 0,051466     | -2                         | 0,047203     | 2,001 | 0,018881     |
| 23                                | -1           | 0,047203     | 2,001 | 0,018881     | -1                         | 0            | 0,000 | 0            | -2                         | 1,18125      | 0,400 | 0,4725       |
| 24                                | -1           | 1,18125      | 0,400 | 0,4725       | -1                         | 0,091146     | 1,440 | 0,036458     | 0                          | 0            | 0,000 | 0            |
| 25                                | 0            | 0            | 0,000 | 0            | -3                         | 0,186752     | 1,006 | 0,074701     | 0                          | 0,091146     | 1,440 | 0,036458     |
| 26                                | -1           | 0,187497     | 1,004 | 0,074999     | 2                          | 1,017436     | 0,431 | 0,406975     | 0                          | 0,186752     | 1,006 | 0,074701     |
| 27                                | 0            | 0,047203     | 2,001 | 0,018881     | -2                         | 0,111491     | 1,302 | 0,044596     | -3                         | 1,017436     | 0,431 | 0,406975     |
| 28                                | 0            | 1,18125      | 0,400 | 0,4725       | 0                          | 0,11132      | 1,303 | 0,044528     | 1                          | 0,111491     | 1,302 | 0,044596     |
| 29                                | -1           | 0            | 0,000 | 0            | -3                         | 4,410838     | 0,207 | 1,764335     | -2                         | 0,11132      | 1,303 | 0,044528     |
| 30                                | -1           | 0,091146     | 1,440 | 0,036458     | 3                          | 1,017436     | 0,431 | 0,406975     | -1                         | 4,410838     | 0,207 | 1,764335     |
| -0,63333 0,161933 1,0131 0,064773 |              |              |       |              | 0,651333 0,744567 0,260533 |              |       |              | 0,376509 1,010967 0,150603 |              |       |              |

| periode 3 s               |                |              |       |               | periode 7 s               |              |       |               |                | periode 10 s             |       |               |                |              |
|---------------------------|----------------|--------------|-------|---------------|---------------------------|--------------|-------|---------------|----------------|--------------------------|-------|---------------|----------------|--------------|
| time (s)                  | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t     | orque S1 (Nm) | delta h S1 (m)            | force S1 (N) | t     | orque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N)             | t     | orque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) |
| 1                         | -3             | 0,091146     | 1,440 | 0,036458      | -4                        | 0,187124     | 1,005 | 0,07485       | -3             | 0,111491                 | 1,302 | 0,044596      | -3             | 0,111491     |
| 2                         | -3             | 0,186752     | 1,006 | 0,074701      | -3                        | 0,047156     | 2,002 | 0,018862      | -6             | 0,11132                  | 1,303 | 0,044528      | -6             | 0,11132      |
| 3                         | -3             | 1,017436     | 0,431 | 0,406975      | -3                        | 0,187497     | 1,004 | 0,074999      | -5             | 1,061297                 | 0,422 | 0,424519      | -5             | 1,061297     |
| 4                         | -3             | 0,111491     | 1,302 | 0,044596      | -3                        | 0,047203     | 2,001 | 0,018881      | -15            | 4,725                    | 0,200 | 1,89          | -15            | 4,725        |
| 5                         | -5             | 0,11132      | 1,303 | 0,044528      | -3                        | 0            | 0,000 | 0             | -2             | 0,304375                 | 0,788 | 0,12175       | -2             | 0,304375     |
| 6                         | -3             | 4,410838     | 0,207 | 1,764335      | -6                        | 0,128664     | 1,212 | 0,051466      | -4             | 0,187124                 | 1,005 | 0,07485       | -4             | 0,187124     |
| 7                         | -2             | 1,061297     | 0,422 | 0,424519      | -5                        | 0            | 0,000 | 0             | 0              | 0,11132                  | 1,303 | 0,044528      | 0              | 0,11132      |
| 8                         | -4             | 4,725        | 0,200 | 1,89          | -15                       | 0,091146     | 1,440 | 0,036458      | -6             | 4,410838                 | 0,207 | 1,764335      | -6             | 4,410838     |
| 9                         | -3             | 0,304375     | 0,788 | 0,12175       | -2                        | 0,186752     | 1,006 | 0,074701      | -4             | 1,061297                 | 0,422 | 0,424519      | -4             | 1,061297     |
| 10                        | -4             | 0,187124     | 1,005 | 0,07485       | -4                        | 1,017436     | 0,431 | 0,406975      | -3             | 4,725                    | 0,200 | 1,89          | -3             | 4,725        |
| 11                        | -5             | 0,047156     | 2,002 | 0,018862      | 0                         | 0,111491     | 1,302 | 0,044596      | -4             | 0,304375                 | 0,788 | 0,12175       | -4             | 0,304375     |
| 12                        | -5             | 0,187497     | 1,004 | 0,074999      | -6                        | 0,11132      | 1,303 | 0,044528      | -3             | 0,187124                 | 1,005 | 0,07485       | -3             | 0,187124     |
| 13                        | -1             | 0,047203     | 2,001 | 0,018881      | -4                        | 1,061297     | 0,422 | 0,424519      | -3             | 0,047156                 | 2,002 | 0,018862      | -3             | 0,047156     |
| 14                        | -1             | 0            | 0,000 | 0             | -3                        | 4,725        | 0,200 | 1,89          | -3             | 0,187497                 | 1,004 | 0,074999      | -3             | 0,187497     |
| 15                        | -3             | 0,128664     | 1,212 | 0,051466      | -4                        | 0,304375     | 0,788 | 0,12175       | -4             | 0,047203                 | 2,001 | 0,018881      | -4             | 0,047203     |
| 16                        | -4             | 0            | 0,000 | 0             | -3                        | 0,187124     | 1,005 | 0,07485       | -3             | 0                        | 0,000 | 0             | -3             | 0            |
| 17                        | -3             | 0,091146     | 1,440 | 0,036458      | -3                        | 0,11132      | 1,303 | 0,044528      | -3             | 0,128664                 | 1,212 | 0,051466      | -3             | 0,128664     |
| 18                        | -3             | 0,186752     | 1,006 | 0,074701      | -2                        | 4,410838     | 0,207 | 1,764335      | -2             | 0                        | 0,000 | 0             | -2             | 0            |
| 19                        | -2             | 1,017436     | 0,431 | 0,406975      | -2                        | 1,061297     | 0,422 | 0,424519      | -2             | 0,091146                 | 1,440 | 0,036458      | -2             | 0,091146     |
| 20                        | -2             | 0,111491     | 1,302 | 0,044596      | -3                        | 4,725        | 0,200 | 1,89          | -4             | 0,186752                 | 1,006 | 0,074701      | -4             | 0,186752     |
| 21                        | -4             | 0,11132      | 1,303 | 0,044528      | -2                        | 0,304375     | 0,788 | 0,12175       | -3             | 1,017436                 | 0,431 | 0,406975      | -3             | 1,017436     |
| 22                        | -3             | 4,410838     | 0,207 | 1,764335      | -4                        | 0,187124     | 1,005 | 0,07485       | 0              | 0,111491                 | 1,302 | 0,044596      | 0              | 0,111491     |
| 23                        | 0              | 0            | 0,000 | 0             | -3                        | 0,047156     | 2,002 | 0,018862      | -2             | 0,11132                  | 1,303 | 0,044528      | -2             | 0,11132      |
| 24                        | -2             | 0            | 0,000 | 0             | -4                        | 0,187497     | 1,004 | 0,074999      | -4             | 0,304375                 | 0,788 | 0,12175       | -4             | 0,304375     |
| 25                        | -4             | 0,096291     | 1,401 | 0,038516      | -5                        | 0,047203     | 2,001 | 0,018881      | -3             | 0,187124                 | 1,005 | 0,07485       | -3             | 0,187124     |
| 26                        | -3             | 0,111662     | 1,301 | 0,044665      | -3                        | 0            | 0,000 | 0             | -3             | 0,047156                 | 2,002 | 0,018862      | -3             | 0,047156     |
| 27                        | -4             | 0,186752     | 1,006 | 0,074701      | -2                        | 0,128664     | 1,212 | 0,051466      | -3             | 0,187497                 | 1,004 | 0,074999      | -3             | 0,187497     |
| 28                        | -2             | 0            | 0,000 | 0             | -4                        | 0,186752     | 1,006 | 0,074701      | -5             | 0                        | 0,000 | 0             | -5             | 0            |
| 29                        | 0              | 0            | 0,000 | 0             | -3                        | 1,017436     | 0,431 | 0,406975      | -3             | 0,128664                 | 1,212 | 0,051466      | -3             | 0,128664     |
| 30                        | -3             | 0,096291     | 1,401 | 0,038516      | -4                        | 0,111491     | 1,302 | 0,044596      | -2             | 0,186752                 | 1,006 | 0,074701      | -2             | 0,186752     |
| 0,634576 0,837367 0,25383 |                |              |       |               | 0,697325 0,933467 0,27893 |              |       |               |                | 0,675693 0,9221 0,270277 |       |               |                |              |



| periode 3 s              |                |              |       |                | periode 7 s              |              |       |                | periode 10 s               |              |       |                |
|--------------------------|----------------|--------------|-------|----------------|--------------------------|--------------|-------|----------------|----------------------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)                 | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (m)           | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (m)             | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1                        | -5             | 0            | 0,000 | 0              | -4                       | 0,304375     | 0,788 | 0,12175        | -4                         | 0,091146     | 1,440 | 0,03645833     |
| 2                        | -2             | 0,047156     | 2,002 | 0,018862       | -15                      | 0,187124     | 1,005 | 0,07485        | -5                         | 0,186752     | 1,006 | 0,0747009      |
| 3                        | -15            | 0,187497     | 1,004 | 0,074999       | -15                      | 0,11132      | 1,303 | 0,044528       | -5                         | 1,017436     | 0,431 | 0,40697455     |
| 4                        | -3             | 0,047203     | 2,001 | 0,018881       | -6                       | 4,410838     | 0,207 | 1,764335       | -5                         | 0,111491     | 1,302 | 0,0445964      |
| 5                        | -6             | 1,18125      | 0,400 | 0,4725         | -4                       | 1,061297     | 0,422 | 0,424519       | -6                         | 0,11132      | 1,303 | 0,04452798     |
| 6                        | -4             | 0            | 0,000 | 0              | -15                      | 4,725        | 0,200 | 1,89           | -5                         | 4,410838     | 0,207 | 1,76433522     |
| 7                        | -6             | 0,091146     | 1,440 | 0,036458       | -6                       | 0,304375     | 0,788 | 0,12175        | -6                         | 0            | 0,000 | 0              |
| 8                        | -3             | 0,186752     | 1,006 | 0,074701       | -7                       | 0,187124     | 1,005 | 0,07485        | -6                         | 0            | 0,000 | 0              |
| 9                        | -6             | 1,017436     | 0,431 | 0,406975       | -8                       | 0,047156     | 2,002 | 0,018862       | -6                         | 0,187497     | 1,004 | 0,07499881     |
| 10                       | -6             | 0,111491     | 1,302 | 0,044596       | -15                      | 0,187497     | 1,004 | 0,074999       | -4                         | 0,047203     | 2,001 | 0,01888111     |
| 11                       | -4             | 0,11132      | 1,303 | 0,044528       | -5                       | 0,047203     | 2,001 | 0,018881       | -6                         | 0,096291     | 1,401 | 0,03851639     |
| 12                       | -5             | 4,410838     | 0,207 | 1,764335       | -7                       | 0            | 0,000 | 0              | -6                         | 0,111662     | 1,301 | 0,04466499     |
| 13                       | -3             | 0            | 0,000 | 0              | -3                       | 0,128664     | 1,212 | 0,051466       | -11                        | 0,186752     | 1,006 | 0,0747009      |
| 14                       | -5             | 0            | 0,000 | 0              | -7                       | 0,186752     | 1,006 | 0,074701       | -15                        | 0,187124     | 1,005 | 0,07484963     |
| 15                       | -5             | 0,187497     | 1,004 | 0,074999       | -6                       | 1,017436     | 0,431 | 0,406975       | -8                         | 0,047156     | 2,002 | 0,01886226     |
| 16                       | -6             | 0,047203     | 2,001 | 0,018881       | -6                       | 0,111491     | 1,302 | 0,044596       | -4                         | 0,187497     | 1,004 | 0,07499881     |
| 17                       | -5             | 0,096291     | 1,401 | 0,038516       | -6                       | 0,047203     | 2,001 | 0,018881       | -4                         | 0,047203     | 2,001 | 0,01888111     |
| 18                       | -5             | 0,111662     | 1,301 | 0,044665       | -6                       | 0,187497     | 1,004 | 0,074999       | -15                        | 0            | 0,000 | 0              |
| 19                       | -4             | 0,186752     | 1,006 | 0,074701       | -5                       | 0,047203     | 2,001 | 0,018881       | -2                         | 0,128664     | 1,212 | 0,05146554     |
| 20                       | -6             | 0            | 0,000 | 0              | -4                       | 0,096291     | 1,401 | 0,038516       | -15                        | 0,186752     | 1,006 | 0,0747009      |
| 21                       | -5             | 0            | 0,000 | 0              | -5                       | 0,111662     | 1,301 | 0,044665       | -2                         | 1,017436     | 0,431 | 0,40697455     |
| 22                       | -5             | 0,047156     | 2,002 | 0,018862       | -5                       | 0,186752     | 1,006 | 0,074701       | -15                        | 0,111491     | 1,302 | 0,0445964      |
| 23                       | -3             | 0,187497     | 1,004 | 0,074999       | -5                       | 0            | 0,000 | 0              | -4                         | 0,047203     | 2,001 | 0,01888111     |
| 24                       | -5             | 0,047203     | 2,001 | 0,018881       | -11                      | 0            | 0,000 | 0              | -8                         | 0,111491     | 1,302 | 0,0445964      |
| 25                       | -5             | 1,18125      | 0,400 | 0,4725         | -5                       | 0            | 0,000 | 0              | 2                          | 0,11132      | 1,303 | 0,04452798     |
| 26                       | -3             | 0,047156     | 2,002 | 0,018862       | -6                       | 0,096291     | 1,401 | 0,038516       | -15                        | 4,410838     | 0,207 | 1,76433522     |
| 27                       | -6             | 0,187497     | 1,004 | 0,074999       | -5                       | 0,111662     | 1,301 | 0,044665       | -9                         | 0            | 0,000 | 0              |
| 28                       | -5             | 0,047203     | 2,001 | 0,018881       | -5                       | 0,186752     | 1,006 | 0,074701       | -15                        | 0            | 0,000 | 0              |
| 29                       | -5             | 1,18125      | 0,400 | 0,4725         | -4                       | 0,091146     | 1,440 | 0,036458       | -5                         | 0,187497     | 1,004 | 0,07499881     |
| 30                       | -4             | 0            | 0,000 | 0              | -4                       | 0,186752     | 1,006 | 0,074701       | -9                         | 0,047203     | 2,001 | 0,01888111     |
| 0,364924 0,9541 0,145969 |                |              |       |                | 0,478895 0,9848 0,191558 |              |       |                | 0,446242 1,0061 0,17849685 |              |       |                |

| periode 3 s                              |                 |              |       |                | periode 7 s                            |              |       |                |                 | periode 10 s                           |       |                |  |  |
|--|-----------------|--------------|-------|----------------|--|--------------|-------|----------------|-----------------|--|-------|----------------|--|--|
| time (s)                                 | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm)                        | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm) | force S1 (N)                           | t     | torque S1 (Nm) |  |  |
| 1  | 5               | 0,116410156  | 1,212 | 0,046564062    | 2                                      | 0,087120396  | 1,401 | 0,034848158    | 1               | 0,082465278                            | 1,440 | 0,032986111    |  |  |
| 2  | 1               | 0            | 0,000 | 0              | -1                                     | 0,101027945  | 1,301 | 0,040411178    | -1              | 0,168966321                            | 1,006 | 0,067586529    |  |  |
| 3  | 3               | 0,082465278  | 1,440 | 0,032986111    | 3                                      | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    | 2               | 0,92053768                             | 0,431 | 0,368215072    |  |  |
| 4  | -1              | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    | 1                                      | 0            | 0,000 | 0              | 0               | 0,100872815                            | 1,302 | 0,040349126    |  |  |
| 5  | 10              | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    | 3                                      | 0            | 0,000 | 0              | 1               | 0,100718043                            | 1,303 | 0,040287217    |  |  |
| 6  | -8              | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    | 0                                      | 0,042664628  | 2,002 | 0,017065851    | 1               | 3,990758244                            | 0,207 | 1,596303298    |  |  |
| 7  | -2              | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    | -1                                     | 0,169640164  | 1,004 | 0,067856066    | 1               | 0,92053768                             | 0,431 | 0,368215072    |  |  |
| 8  | 0               | 3,990758244  | 0,207 | 1,596303298    | -1                                     | 0,042707282  | 2,001 | 0,017082913    | 1               | 0                                      | 0,000 | 0              |  |  |
| 9  | 0               | 0            | 0,000 | 0              | 1                                      | 1,06875      | 0,400 | 0,4275         | 1               | 0,082465278                            | 1,440 | 0,032986111    |  |  |
| 10                                       | -15             | 0            | 0,000 | 0              | 3                                      | 0            | 0,000 | 0              | 2               | 0,168966321                            | 1,006 | 0,067586529    |  |  |
| 11                                       | -15             | 0,087120396  | 1,401 | 0,034848158    | 0                                      | 0            | 0,000 | 0              | 3               | 0,92053768                             | 0,431 | 0,368215072    |  |  |
| 12                                       | 0               | 0,101027945  | 1,301 | 0,040411178    | 1                                      | 4,232568501  | 0,201 | 1,6930274      | 1               | 0,100872815                            | 1,302 | 0,040349126    |  |  |
| 13                                       | -4              | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    | 1                                      | 0            | 0,000 | 0              | -15             | 0,100718043                            | 1,303 | 0,040287217    |  |  |
| 14                                       | -2              | 0            | 0,000 | 0              | 0                                      | 0,116410156  | 1,212 | 0,046564062    | 2               | 0,042664628                            | 2,002 | 0,017065851    |  |  |
| 15                                       | 3               | 0            | 0,000 | 0              | 0                                      | 0            | 0,000 | 0              | 0               | 0,169640164                            | 1,004 | 0,067856066    |  |  |
| 16                                       | -1              | 0            | 0,000 | 0              | 1                                      | 0,082465278  | 1,440 | 0,032986111    | 2               | 0,042707282                            | 2,001 | 0,017082913    |  |  |
| 17                                       | 2               | 0,131118479  | 1,142 | 0,052447392    | -1                                     | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    | 1               | 1,06875                                | 0,400 | 0,4275         |  |  |
| 18                                       | -15             | 0            | 0,000 | 0              | 2                                      | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    | 3               | 0                                      | 0,000 | 0              |  |  |
| 19                                       | 5               | 0            | 0,000 | 0              | 1                                      | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    | -2              | 0                                      | 0,000 | 0              |  |  |
| 20                                       | -3              | 0            | 0,000 | 0              | 0                                      | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    | 6               | 4,232568501                            | 0,201 | 1,6930274      |  |  |
| 21                                       | 15              | 4,232568501  | 0,201 | 1,6930274      | 1                                      | 3,990758244  | 0,207 | 1,596303298    | -15             | 0                                      | 0,000 | 0              |  |  |
| 22                                       | 15              | 0            | 0,000 | 0              | -15                                    | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    | 4               | 0,116410156                            | 1,212 | 0,046564062    |  |  |
| 23                                       | 15              | 0,116410156  | 1,212 | 0,046564062    | 1                                      | 0            | 0,000 | 0              | 4               | 0                                      | 0,000 | 0              |  |  |
| 24                                       | 15              | 0            | 0,000 | 0              | 1                                      | 0,082465278  | 1,440 | 0,032986111    | -15             | 0,082465278                            | 1,440 | 0,032986111    |  |  |
| 25                                       | 15              | 0,082465278  | 1,440 | 0,032986111    | 2                                      | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    | 0               | 0,168966321                            | 1,006 | 0,067586529    |  |  |
| 26                                       | 15              | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    | 0                                      | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    | 3               | 0,92053768                             | 0,431 | 0,368215072    |  |  |
| 27                                       | 15              | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    | 0                                      | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    | -1              | 0,100872815                            | 1,302 | 0,040349126    |  |  |
| 28                                       | 15              | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    | 3                                      | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    | 1               | 0,100718043                            | 1,303 | 0,040287217    |  |  |
| 29                                       | 15              | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    | -15                                    | 3,990758244  | 0,207 | 1,596303298    | 1               | 3,990758244                            | 0,207 | 1,596303298    |  |  |
| 30                                       | 15              | 3,990758244  | 0,207 | 1,596303298    | 3                                      | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    | 0               | 0,92053768                             | 0,431 | 0,368215072    |  |  |
| 0,522741957    0,62843333    0,209096783 |                 |              |       |                | 0,619985584    0,758933    0,247994234 |              |       |                |                 | 0,6538671    0,818066667    0,26154684 |       |                |  |  |



profil 2 syarat 1/4 air lengan 40

| periode 3 s |                 |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1           | -1              | 0,169640164  | 1,004 | 0,067856066    |
| 2           | 0               | 0,042707282  | 2,001 | 0,017082913    |
| 3           | 1               | 0,087120396  | 1,401 | 0,034848158    |
| 4           | 2               | 0,101027945  | 1,301 | 0,040411178    |
| 5           | 1               | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    |
| 6           | 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| 7           | 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 8           | 1               | 0,042664628  | 2,002 | 0,017065851    |
| 9           | 1               | 0,169640164  | 1,004 | 0,067856066    |
| 10          | 0               | 0,042707282  | 2,001 | 0,017082913    |
| 11          | 0               | 1,06875      | 0,400 | 0,4275         |
| 12          | 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| 13          | -1              | 0,082465278  | 1,440 | 0,032986111    |
| 14          | 1               | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    |
| 15          | 0               | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    |
| 16          | 1               | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    |
| 17          | 1               | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    |
| 18          | 1               | 3,990758244  | 0,207 | 1,596303298    |
| 19          | 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 20          | -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 21          | 2               | 0            | 0,000 | 0              |
| 22          | 1               | 4,232568501  | 0,201 | 1,6930274      |
| 23          | 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 24          | 1               | 0,116410156  | 1,212 | 0,046564062    |
| 25          | 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 26          | 0               | 0,082465278  | 1,440 | 0,032986111    |
| 27          | 2               | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    |
| 28          | 3               | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    |
| 29          | 1               | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    |
| 30          | 1               | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    |

0,432669379 0,823467 0,173067751

| periode 7 s     |              |       |                |
|-----------------|--------------|-------|----------------|
| delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1               | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    |
| 2               | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    |
| 0               | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    |
| 2               | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    |
| -1              | 3,990758244  | 0,207 | 1,596303298    |
| 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| -1              | 4,232568501  | 0,201 | 1,6930274      |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 0,042664628  | 2,002 | 0,017065851    |
| -1              | 0,169640164  | 1,004 | 0,067856066    |
| 1               | 0,042707282  | 2,001 | 0,017082913    |
| -2              | 1,06875      | 0,400 | 0,4275         |
| 4               | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 0,082465278  | 1,440 | 0,032986111    |
| 1               | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    |
| 2               | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    |
| -1              | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    |
| 3               | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    |
| -1              | 3,990758244  | 0,207 | 1,596303298    |
| 2               | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 2               | 0            | 0,000 | 0              |
| -1              | 4,232568501  | 0,201 | 1,6930274      |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| -1              | 0,116410156  | 1,212 | 0,046564062    |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |

0,685049357 0,5653 0,274019743

| periode 10 s    |              |       |                |
|-----------------|--------------|-------|----------------|
| delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 0               | 4,232568501  | 0,201 | 1,6930274      |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0,116410156  | 1,212 | 0,046564062    |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 0,082465278  | 1,440 | 0,032986111    |
| 0               | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    |
| -1              | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    |
| -1              | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    |
| 2               | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    |
| -2              | 3,990758244  | 0,207 | 1,596303298    |
| 1               | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    |
| -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 3               | 0,082465278  | 1,440 | 0,032986111    |
| -1              | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    |
| 1               | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    |
| 0               | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    |
| 1               | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    |
| 0               | 3,990758244  | 0,207 | 1,596303298    |
| 1               | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    |
| -1              | 0,131118479  | 1,142 | 0,052447392    |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 4,232568501  | 0,201 | 1,6930274      |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 0,116410156  | 1,212 | 0,046564062    |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 0,082465278  | 1,440 | 0,032986111    |
| -2              | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    |
| -1              | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    |

0,752358573 0,636167 0,300943429

| periode 3 s                       |                 |              |       |                | periode 7 s                    |              |       |                | periode 10 s                   |              |       |                |
|-----------------------------------|-----------------|--------------|-------|----------------|--------------------------------|--------------|-------|----------------|--------------------------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)                          | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm)                | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm)                | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1                                 | -1              | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    | -2                             | 0,122055675  | 1,401 | 0,04882227     | -3                             | 0,087120396  | 1,401 | 0,034848158    |
| 2                                 | 0               | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    | -1                             | 0,131437356  | 1,301 | 0,052574942    | 0                              | 0,101027945  | 1,301 | 0,040411178    |
| 3                                 | -1              | 0            | 0,000 | 0              | -2                             | 0,169980119  | 1,006 | 0,067992048    | 1                              | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    |
| 4                                 | 0               | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    | 0                              | 0            | 0,000 | 0              | -2                             | 0,16930274   | 1,005 | 0,067721096    |
| 5                                 | 1               | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    | -1                             | 0            | 0,000 | 0              | 1                              | 0,042664628  | 2,002 | 0,017065851    |
| 6                                 | 0               | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    | 1                              | 0,085414585  | 2,002 | 0,034165834    | -1                             | 0,169640164  | 1,004 | 0,067856066    |
| 7                                 | -1              | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    | -2                             | 0,170318725  | 1,004 | 0,06812749     | 0                              | 0,042707282  | 2,001 | 0,017082913    |
| 8                                 | 0               | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    | 0                              | 0,085457271  | 2,001 | 0,034182909    | -2                             | 0,169640164  | 1,004 | 0,067856066    |
| 9                                 | -1              | 0            | 0,000 | 0              | -1                             | 0,4275       | 0,400 | 0,171          | 2                              | 0,042707282  | 2,001 | 0,017082913    |
| 10                                | -1              | 0            | 0,000 | 0              | 1                              | 0            | 0,000 | 0              | 0                              | 0,087120396  | 1,401 | 0,034848158    |
| 11                                | -1              | 0            | 0,000 | 0              | -2                             | 0,170318725  | 1,004 | 0,06812749     | 2                              | 0,101027945  | 1,301 | 0,040411178    |
| 12                                | -1              | 4,232568501  | 0,201 | 1,6930274      | 1                              | 0,085457271  | 2,001 | 0,034182909    | 0                              | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    |
| 13                                | 2               | 0            | 0,000 | 0              | -2                             | 0,4275       | 0,400 | 0,171          | 2                              | 0            | 0,000 | 0              |
| 14                                | 1               | 0,116410156  | 1,212 | 0,046564062    | 2                              | 0            | 0,000 | 0              | 0                              | 0            | 0,000 | 0              |
| 15                                | 0               | 0            | 0,000 | 0              | -2                             | 0,11875      | 1,440 | 0,0475         | -2                             | 0            | 0,000 | 0              |
| 16                                | -2              | 0,082465278  | 1,440 | 0,032986111    | 1                              | 0,11875      | 1,440 | 0,0475         | 0                              | 0,087120396  | 1,401 | 0,034848158    |
| 17                                | 0               | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    | 1                              | 0,169980119  | 1,006 | 0,067992048    | 1                              | 0,101027945  | 1,301 | 0,040411178    |
| 18                                | -1              | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    | -1                             | 0,39675174   | 0,431 | 0,158700696    | 1                              | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    |
| 19                                | 1               | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    | 0                              | 0,131336406  | 1,302 | 0,052534562    | 2                              | 0            | 0,000 | 0              |
| 20                                | 1               | 0            | 0,000 | 0              | 0                              | 0,13123561   | 1,303 | 0,052494244    | -4                             | 0            | 0,000 | 0              |
| 21                                | -2              | 3,990758244  | 0,207 | 1,596303298    | -2                             | 0,826086957  | 0,207 | 0,330434783    | 3                              | 0,042664628  | 2,002 | 0,017065851    |
| 22                                | 1               | 0,082465278  | 1,440 | 0,032986111    | -1                             | 0            | 0,000 | 0              | -2                             | 0,169640164  | 1,004 | 0,067856066    |
| 23                                | 0               | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    | 0                              | 0            | 0,000 | 0              | 2                              | 0,042707282  | 2,001 | 0,017082913    |
| 24                                | 1               | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    | 0                              | 0            | 0,000 | 0              | -2                             | 1,06875      | 0,400 | 0,4275         |
| 25                                | -2              | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    | 2                              | 0,850746269  | 0,201 | 0,340298507    | 2                              | 0            | 0,000 | 0              |
| 26                                | -2              | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    | -3                             | 0            | 0,000 | 0              | 1                              | 0,169640164  | 1,004 | 0,067856066    |
| 27                                | -3              | 0            | 0,000 | 0              | 0                              | 0,141089109  | 1,212 | 0,056435644    | -1                             | 0,042707282  | 2,001 | 0,017082913    |
| 28                                | -1              | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    | 0                              | 0            | 0,000 | 0              | 0                              | 1,06875      | 0,400 | 0,4275         |
| 29                                | 1               | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    | 1                              | 0,11875      | 1,440 | 0,0475         | 0                              | 0            | 0,000 | 0              |
| 30                                | -1              | 0,784083562  | 0,467 | 0,313633425    | 0                              | 0,169980119  | 1,006 | 0,067992048    | -1                             | 0,082465278  | 1,440 | 0,032986111    |
| 0,51136812 0,66556667 0,204547248 |                 |              |       |                | 0,168296535 0,7836 0,067318614 |              |       |                | 0,146511035 1,0131 0,058604414 |              |       |                |

0,51136812 0,665566667 0,204547248

0,168296535 0,7836 0,067318614

0,146511035 1,0131 0,058604414

profil 2 syarat 3/4 air lengan 40

| periode 3 s                   |                 |              |       |                | periode 7 s                        |              |       |                | periode 10 s                        |              |       |                |
|-------------------------------|-----------------|--------------|-------|----------------|------------------------------------|--------------|-------|----------------|-------------------------------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)                      | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm)                    | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm)                     | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1                             | -3              | 0,042664628  | 2,002 | 0,017065851    | -1                                 | 0,275387152  | 0,788 | 0,110154861    | -2                                  | 0,101027945  | 1,301 | 0,040411178    |
| 2                             | 1               | 0,169640164  | 1,004 | 0,067856066    | -2                                 | 0,16930274   | 1,005 | 0,067721096    | -4                                  | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    |
| 3                             | -4              | 0,042707282  | 2,001 | 0,017082913    | -2                                 | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    | -2                                  | 0,16930274   | 1,005 | 0,067721096    |
| 4                             | -1              | 1,06875      | 0,400 | 0,4275         | -2                                 | 3,990758244  | 0,207 | 1,596303298    | 0                                   | 0,042664628  | 2,002 | 0,017065851    |
| 5                             | -2              | 0            | 0,000 | 0              | 1                                  | 0,960221019  | 0,422 | 0,384088408    | -2                                  | 0,169640164  | 1,004 | 0,067856066    |
| 6                             | -1              | 0,082465278  | 1,440 | 0,032986111    | -2                                 | 4,275        | 0,200 | 1,71           | -2                                  | 0,042707282  | 2,001 | 0,017082913    |
| 7                             | 0               | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    | -2                                 | 0,275387152  | 0,788 | 0,110154861    | -2                                  | 0            | 0,000 | 0              |
| 8                             | -5              | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    | -2                                 | 0,16930274   | 1,005 | 0,067721096    | -4                                  | 0,116410156  | 1,212 | 0,046564062    |
| 9                             | -2              | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    | -1                                 | 0,042664628  | 2,002 | 0,017065851    | -3                                  | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    |
| 10                            | -3              | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    | -3                                 | 0,169640164  | 1,004 | 0,067856066    | -1                                  | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    |
| 11                            | -3              | 3,990758244  | 0,207 | 1,596303298    | -1                                 | 0,042707282  | 2,001 | 0,017082913    | -4                                  | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    |
| 12                            | -3              | 0            | 0,000 | 0              | -15                                | 0            | 0,000 | 0              | 1                                   | 0,042707282  | 2,001 | 0,017082913    |
| 13                            | -1              | 0            | 0,000 | 0              | -15                                | 0,116410156  | 1,212 | 0,046564062    | -8                                  | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    |
| 14                            | -1              | 0,169640164  | 1,004 | 0,067856066    | -15                                | 0            | 0,000 | 0              | -3                                  | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    |
| 15                            | 0               | 0,042707282  | 2,001 | 0,017082913    | -15                                | 0,082465278  | 1,440 | 0,032986111    | -7                                  | 3,990758244  | 0,207 | 1,596303298    |
| 16                            | -5              | 0,087120396  | 1,401 | 0,034848158    | -15                                | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    | -4                                  | 0            | 0,000 | 0              |
| 17                            | -2              | 0,101027945  | 1,301 | 0,040411178    | -15                                | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    | -6                                  | 0            | 0,000 | 0              |
| 18                            | -15             | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    | -1                                 | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    | -1                                  | 0,169640164  | 1,004 | 0,067856066    |
| 19                            | -15             | 0            | 0,000 | 0              | -15                                | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    | -6                                  | 0,042707282  | 2,001 | 0,017082913    |
| 20                            | -2              | 0            | 0,000 | 0              | -15                                | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    | -4                                  | 0            | 0,000 | 0              |
| 21                            | -3              | 0,042664628  | 2,002 | 0,017065851    | -15                                | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    | -9                                  | 0,082465278  | 1,440 | 0,032986111    |
| 22                            | -15             | 0,169640164  | 1,004 | 0,067856066    | -2                                 | 0,960221019  | 0,422 | 0,384088408    | -5                                  | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    |
| 23                            | 0               | 0,042707282  | 2,001 | 0,017082913    | -15                                | 4,275        | 0,200 | 1,71           | -10                                 | 0,92053768   | 0,431 | 0,368215072    |
| 24                            | -2              | 1,06875      | 0,400 | 0,4275         | -15                                | 0,275387152  | 0,788 | 0,110154861    | -6                                  | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    |
| 25                            | -2              | 0,168966321  | 1,006 | 0,067586529    | -15                                | 0,16930274   | 1,005 | 0,067721096    | -7                                  | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    |
| 26                            | -15             | 0            | 0,000 | 0              | -15                                | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    | -15                                 | 0,100872815  | 1,302 | 0,040349126    |
| 27                            | -15             | 0            | 0,000 | 0              | -15                                | 3,990758244  | 0,207 | 1,596303298    | -1                                  | 0,100718043  | 1,303 | 0,040287217    |
| 28                            | -15             | 0,042664628  | 2,002 | 0,017065851    | -15                                | 0,960221019  | 0,422 | 0,384088408    | -6                                  | 0,960221019  | 0,422 | 0,384088408    |
| 29                            | -15             | 0,169640164  | 1,004 | 0,067856066    | -1                                 | 4,275        | 0,200 | 1,71           | -15                                 | 4,275        | 0,200 | 1,71           |
| 30                            | -15             | 0,042707282  | 2,001 | 0,017082913    | -2                                 | 0,16930274   | 1,005 | 0,067721096    | -4                                  | 0            | 0,788 | 0              |
| 0,300176101 0,9743 0,12007044 |                 |              |       |                | 0,911285376 0,852533333 0,36451415 |              |       |                | 0,457202479 0,986166667 0,176784959 |              |       |                |



profil 3 syarat kosong lengan 40

| periode 3 s |                 |              |       |                | periode 7 s     |              |       |                | periode 10 s    |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|-----------------|--------------|-------|----------------|-----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1           | 6               | 0,078125     | 1,440 | 0,03125        | 0               | 0,16039207   | 1,005 | 0,064156828    | 0               | 0,909683071  | 0,422 | 0,36387323     |
| 2           | 5               | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    | -3              | 0,040419121  | 2,002 | 0,016167649    | -2              | 4,05         | 0,200 | 1,62           |
| 3           | 5               | 0,872088329  | 0,431 | 0,348835331    | 2               | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    | -6              | 0,260893092  | 0,788 | 0,10435724     |
| 4           | 10              | 0,09556372   | 1,302 | 0,038225488    | -3              | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    | -2              | 0,16039207   | 1,005 | 0,06415683     |
| 5           | 12              | 0,095417093  | 1,303 | 0,038166837    | 0               | 0            | 0,000 | 0              | 3               | 0,040419121  | 2,002 | 0,01616765     |
| 6           | 5               | 3,780718336  | 0,207 | 1,512287335    | -1              | 0,110283306  | 1,212 | 0,044113322    | -3              | 0,160711735  | 1,004 | 0,06428469     |
| 7           | 4               | 0            | 0,000 | 0              | 0               | 0            | 0,000 | 0              | 1               | 0,04045953   | 2,001 | 0,01618381     |
| 8           | 12              | 0            | 0,000 | 0              | -1              | 0,078125     | 1,440 | 0,03125        | -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 9           | 11              | 0,082535112  | 1,401 | 0,033014045    | 0               | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    | -3              | 0,110283306  | 1,212 | 0,04411332     |
| 10          | 12              | 0,095710684  | 1,301 | 0,038284274    | -1              | 0,872088329  | 0,431 | 0,348835331    | 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 11          | 2               | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    | -3              | 0,09556372   | 1,302 | 0,038225488    | -1              | 0,078125     | 1,440 | 0,03125        |
| 12          | 4               | 0            | 0,000 | 0              | -1              | 0,095417093  | 1,303 | 0,038166837    | -3              | 0,160073357  | 1,006 | 0,06402934     |
| 13          | 5               | 0            | 0,000 | 0              | -1              | 0,09556372   | 1,302 | 0,038225488    | 1               | 0,872088329  | 0,431 | 0,34883533     |
| 14          | 12              | 0            | 0,000 | 0              | -1              | 0,095417093  | 1,303 | 0,038166837    | -2              | 0,09556372   | 1,302 | 0,03822549     |
| 15          | 12              | 0,124217506  | 1,142 | 0,049687003    | -1              | 0,909683071  | 0,422 | 0,363873228    | -2              | 0,095417093  | 1,303 | 0,03816684     |
| 16          | 12              | 0            | 0,000 | 0              | 1               | 4,05         | 0,200 | 1,62           | -3              | 0,09556372   | 1,302 | 0,03822549     |
| 17          | 6               | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    | -1              | 0,260893092  | 0,788 | 0,104357237    | -1              | 0,095417093  | 1,303 | 0,03816684     |
| 18          | 2               | 1,0125       | 0,400 | 0,405          | 0               | 0,16039207   | 1,005 | 0,064156828    | -4              | 0,909683071  | 0,422 | 0,36387323     |
| 19          | 11              | 0            | 0,000 | 0              | 1               | 0,095417093  | 1,303 | 0,038166837    | 0               | 4,05         | 0,200 | 1,62           |
| 20          | 12              | 0            | 0,000 | 0              | -1              | 3,780718336  | 0,207 | 1,512287335    | 5               | 0,09556372   | 1,302 | 0,03822549     |
| 21          | 15              | 4,009801738  | 0,201 | 1,603920695    | 1               | 0,909683071  | 0,422 | 0,363873228    | -2              | 0,095417093  | 1,303 | 0,03816684     |
| 22          | 15              | 0            | 0,000 | 0              | -1              | 4,05         | 0,200 | 1,62           | 5               | 3,780718336  | 0,207 | 1,51228733     |
| 23          | 15              | 0,110283306  | 1,212 | 0,044113322    | -1              | 0,16039207   | 1,005 | 0,064156828    | -4              | 0            | 0,000 | 0              |
| 24          | 15              | 0            | 0,000 | 0              | -6              | 0,095710684  | 1,301 | 0,038284274    | 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| 25          | 15              | 0,078125     | 1,440 | 0,03125        | -2              | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    | -4              | 0,160711735  | 1,004 | 0,06428469     |
| 26          | 15              | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    | -3              | 0,16039207   | 1,005 | 0,064156828    | -1              | 0,04045953   | 2,001 | 0,01618381     |
| 27          | 15              | 0,872088329  | 0,431 | 0,348835331    | -1              | 0,040419121  | 2,002 | 0,016167649    | -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 28          | 15              | 0,09556372   | 1,302 | 0,038225488    | -1              | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    | 0               | 0,078125     | 1,440 | 0,03125        |
| 29          | 15              | 0,095417093  | 1,303 | 0,038166837    | -3              | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    | -1              | 0,160073357  | 1,006 | 0,06402934     |
| 30          | 15              | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    | -1              | 0            | 0,000 | 0              | -6              | 0,160711735  | 1,004 | 0,06428469     |

0,405963597 0,6947 0,162385439

0,567981979 0,972733 0,227192792

0,558551794 0,887 0,22342072

profil 3 syarat 1/4 air lengan 40

| periode 3 s |                 |              |       |               |
|-------------|-----------------|--------------|-------|---------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | orque S1 (Nm) |
| 1           | -12             | 0,0957107    | 1,301 | 0,03828427    |
| 2           | -4              | 0,1600734    | 1,006 | 0,06402934    |
| 3           | -3              | 0            | 0,000 | 0             |
| 4           | -1              | 0            | 0,000 | 0             |
| 5           | -5              | 0,0404191    | 2,002 | 0,01616765    |
| 6           | -3              | 0,1607117    | 1,004 | 0,06428469    |
| 7           | -3              | 0,0404595    | 2,001 | 0,01618381    |
| 8           | -7              | 1,0125       | 0,400 | 0,405         |
| 9           | -4              | 0,0825351    | 1,401 | 0,03301404    |
| 10          | -8              | 0,0957107    | 1,301 | 0,03828427    |
| 11          | -3              | 0,1600734    | 1,006 | 0,06402934    |
| 12          | 4               | 0            | 0,000 | 0             |
| 13          | -5              | 0            | 0,000 | 0             |
| 14          | -4              | 0,0404191    | 2,002 | 0,01616765    |
| 15          | -2              | 0,1607117    | 1,004 | 0,06428469    |
| 16          | 0               | 0,0404595    | 2,001 | 0,01618381    |
| 17          | -5              | 0,0957107    | 1,301 | 0,03828427    |
| 18          | -5              | 0,1600734    | 1,006 | 0,06402934    |
| 19          | -6              | 0            | 0,000 | 0             |
| 20          | -15             | 0            | 0,000 | 0             |
| 21          | -4              | 0,0404191    | 2,002 | 0,01616765    |
| 22          | -4              | 0,1607117    | 1,004 | 0,06428469    |
| 23          | -5              | 0,0404595    | 2,001 | 0,01618381    |
| 24          | 1               | 1,0125       | 0,400 | 0,405         |
| 25          | -4              | 0,0825351    | 1,401 | 0,03301404    |
| 26          | -6              | 0,1600734    | 1,006 | 0,06402934    |
| 27          | 0               | 0            | 0,000 | 0             |
| 28          | -9              | 0            | 0,000 | 0             |
| 29          | -4              | 0,0404191    | 2,002 | 0,01616765    |
| 30          | -5              | 0,1607117    | 1,004 | 0,06428469    |

0,1347799 0,9852 0,05391197

| periode 7 s     |              |       |                |
|-----------------|--------------|-------|----------------|
| delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| -1              | 0,16039207   | 1,005 | 0,064156828    |
| -2              | 0,040419121  | 2,002 | 0,016167649    |
| 3               | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    |
| 4               | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    |
| -15             | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    |
| 2               | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    |
| -9              | 0,082535112  | 1,401 | 0,033014045    |
| 2               | 0,095710684  | 1,301 | 0,038284274    |
| -5              | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    |
| -4              | 0            | 0,000 | 0              |
| -9              | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 0,082535112  | 1,401 | 0,033014045    |
| -7              | 0,095710684  | 1,301 | 0,038284274    |
| -6              | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    |
| -15             | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    |
| 2               | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    |
| -15             | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    |
| -6              | 0,082535112  | 1,401 | 0,033014045    |
| 4               | 0,095710684  | 1,301 | 0,038284274    |
| -8              | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    |
| -4              | 0            | 0,000 | 0              |
| -13             | 0            | 0,000 | 0              |
| -6              | 0            | 0,000 | 0              |
| -6              | 0,082535112  | 1,401 | 0,033014045    |
| 5               | 0,095710684  | 1,301 | 0,038284274    |
| -15             | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    |
| -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| -13             | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 0,040419121  | 2,002 | 0,016167649    |

0,074616008 1,028567 0,029846403

| periode 10 s    |              |       |                |
|-----------------|--------------|-------|----------------|
| delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| -8              | 1,0125       | 0,400 | 0,405          |
| -6              | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| -10             | 4,009801738  | 0,201 | 1,603920695    |
| -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| -15             | 0,1102883306 | 1,212 | 0,044113322    |
| -14             | 0            | 0,000 | 0              |
| -9              | 0,078125     | 1,440 | 0,03125        |
| -2              | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    |
| -8              | 0,872088329  | 0,431 | 0,348835331    |
| -6              | 0,09556372   | 1,302 | 0,038225488    |
| -10             | 0,095417093  | 1,303 | 0,038166837    |
| 1               | 3,780718336  | 0,207 | 1,512287335    |
| -5              | 0,872088329  | 0,431 | 0,348835331    |
| -1              | 0,095417093  | 1,303 | 0,038166837    |
| 0               | 3,780718336  | 0,207 | 1,512287335    |
| -4              | 0            | 0,000 | 0              |
| -3              | 0            | 0,000 | 0              |
| -4              | 0,082535112  | 1,401 | 0,033014045    |
| -5              | 0,095710684  | 1,301 | 0,038284274    |
| 2               | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    |
| 8               | 0            | 0,000 | 0              |
| -7              | 0            | 0,000 | 0              |
| 6               | 0,040419121  | 2,002 | 0,016167649    |
| -2              | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    |
| -1              | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    |
| -11             | 1,0125       | 0,400 | 0,405          |
| -4              | 0            | 0,000 | 0              |
| -13             | 0            | 0,000 | 0              |
| -1              | 0,082535112  | 1,401 | 0,033014045    |

0,55459131 0,6653 0,221836524



profil 3 syarat 1/2 air lengan 40

| periode 3 s |                 |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1           | -4              | 0,095564     | 1,302 | 0,038225488    |
| 2           | -2              | 0,095417     | 1,303 | 0,038166837    |
| 3           | -6              | 3,780718     | 0,207 | 1,512287335    |
| 4           | -2              | 0,872088     | 0,431 | 0,348835331    |
| 5           | -7              | 0,095417     | 1,303 | 0,038166837    |
| 6           | -8              | 3,780718     | 0,207 | 1,512287335    |
| 7           | -4              | 0            | 0,000 | 0              |
| 8           | -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 9           | -6              | 0,082535     | 1,401 | 0,033014045    |
| 10          | -5              | 0,095711     | 1,301 | 0,038284274    |
| 11          | -4              | 0,160073     | 1,006 | 0,064029343    |
| 12          | 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 13          | 2               | 0            | 0,000 | 0              |
| 14          | 4               | 0,040419     | 2,002 | 0,016167649    |
| 15          | -3              | 0,160712     | 1,004 | 0,064284694    |
| 16          | -3              | 0            | 0,000 | 0              |
| 17          | 0               | 4,009802     | 0,201 | 1,603920695    |
| 18          | -5              | 0            | 0,000 | 0              |
| 19          | -12             | 0,110283     | 1,212 | 0,044113322    |
| 20          | 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 21          | -7              | 0,078125     | 1,440 | 0,03125        |
| 22          | 2               | 0,160073     | 1,006 | 0,064029343    |
| 23          | -4              | 0,872088     | 0,431 | 0,348835331    |
| 24          | 0               | 0,095564     | 1,302 | 0,038225488    |
| 25          | -8              | 0,095417     | 1,303 | 0,038166837    |
| 26          | -13             | 3,780718     | 0,207 | 1,512287335    |
| 27          | -11             | 0,872088     | 0,431 | 0,348835331    |
| 28          | -8              | 0,095564     | 1,302 | 0,038225488    |
| 29          | -12             | 0,095417     | 1,303 | 0,038166837    |
| 30          | -6              | 3,780718     | 0,207 | 1,512287335    |

0,776841 0,727067 0,310736417

| periode 7 s     |              |       |                |
|-----------------|--------------|-------|----------------|
| delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| -7              | 0,040419121  | 2,002 | 0,016167649    |
| -3              | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    |
| -8              | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    |
| -5              | 0            | 0,000 | 0              |
| -4              | 0,110283306  | 1,212 | 0,044113322    |
| -3              | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    |
| -7              | 0,872088329  | 0,431 | 0,348835331    |
| -6              | 0,09556372   | 1,302 | 0,038225488    |
| -2              | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    |
| -1              | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    |
| -15             | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    |
| -4              | 0,082535112  | 1,401 | 0,033014045    |
| -8              | 0,095710684  | 1,301 | 0,038284274    |
| 5               | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    |
| -7              | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| -14             | 0            | 0,000 | 0              |
| -9              | 0,082535112  | 1,401 | 0,033014045    |
| -12             | 0,16039207   | 1,005 | 0,064156828    |
| -11             | 0,095417093  | 1,303 | 0,038166837    |
| -11             | 3,780718336  | 0,207 | 1,512287335    |
| -15             | 0,909683071  | 0,422 | 0,363873228    |
| -8              | 4,05         | 0,200 | 1,62           |
| -13             | 0,260893092  | 0,788 | 0,104357237    |
| 1               | 0,16039207   | 1,005 | 0,064156828    |
| -10             | 0,040419121  | 2,002 | 0,016167649    |
| -5              | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    |
| -11             | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    |
| -5              | 0,909683071  | 0,422 | 0,363873228    |
| -9              | 0            | 0,200 | 0              |

0,438305288 0,987733 0,169478045

| periode 10 s   |              |       |                |
|----------------|--------------|-------|----------------|
| delta h S1 (m) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| -13            | 0,082535112  | 1,401 | 0,033014045    |
| -6             | 0,095710684  | 1,301 | 0,038284274    |
| -12            | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    |
| -12            | 0            | 0,000 | 0              |
| -15            | 0            | 0,000 | 0              |
| -14            | 0            | 0,000 | 0              |
| -12            | 0,124217506  | 1,142 | 0,049687003    |
| -15            | 0            | 0,000 | 0              |
| -8             | 0            | 0,000 | 0              |
| -11            | 0            | 0,000 | 0              |
| -8             | 4,009801738  | 0,201 | 1,603920695    |
| -15            | 0            | 0,000 | 0              |
| -13            | 0,110283306  | 1,212 | 0,044113322    |
| -8             | 0            | 0,000 | 0              |
| -9             | 0,078125     | 1,440 | 0,03125        |
| -10            | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    |
| -10            | 0,872088329  | 0,431 | 0,348835331    |
| -8             | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    |
| -12            | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    |
| 0              | 0,082535112  | 1,401 | 0,033014045    |
| -15            | 0,095710684  | 1,301 | 0,038284274    |
| 3              | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    |
| -13            | 0            | 0,000 | 0              |
| 1              | 0            | 0,000 | 0              |
| -11            | 0,040419121  | 2,002 | 0,016167649    |
| 2              | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    |
| -7             | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    |
| -4             | 1,0125       | 0,400 | 0,405          |
| -6             | 0,040419121  | 2,002 | 0,016167649    |
| -6             | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    |

0,256254002 0,808867 0,102501601

| periode 3 s |                 |              |       |                | periode 7 s    |              |       |                | periode 10 s   |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|----------------|--------------|-------|----------------|----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1           | -9              | 0,09556372   | 1,302 | 0,038225488    | -9             | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    | -12            | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    |
| 2           | 7               | 0,095417093  | 1,303 | 0,038166837    | 7              | 0            | 0,000 | 0              | 0              | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    |
| 3           | -4              | 3,780718336  | 0,207 | 1,512287335    | -4             | 0,110283306  | 1,212 | 0,044113322    | -9             | 0            | 0,000 | 0              |
| 4           | 2               | 0            | 0,000 | 0              | 2              | 0            | 0,000 | 0              | -2             | 0,110283306  | 1,212 | 0,044113322    |
| 5           | -4              | 0            | 0,000 | 0              | -4             | 0,078125     | 1,440 | 0,03125        | -4             | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    |
| 6           | 8               | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    | 8              | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    | -3             | 0,872088329  | 0,431 | 0,348835331    |
| 7           | -7              | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    | -7             | 0,872088329  | 0,431 | 0,348835331    | -6             | 0,09556372   | 1,302 | 0,038225488    |
| 8           | -2              | 0,082535112  | 1,401 | 0,033014045    | -2             | 0,09556372   | 1,302 | 0,038225488    | -5             | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    |
| 9           | -8              | 0,095710684  | 1,301 | 0,038284274    | -8             | 0,095417093  | 1,303 | 0,038166837    | -7             | 0,09556372   | 1,302 | 0,038225488    |
| 10          | -10             | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    | -10            | 0,909683071  | 0,422 | 0,363873228    | -4             | 0,095417093  | 1,303 | 0,038166837    |
| 11          | -10             | 0,16039207   | 1,005 | 0,064156828    | 0              | 4,05         | 0,200 | 1,62           | -3             | 3,780718336  | 0,207 | 1,512287335    |
| 12          | 0               | 0,040419121  | 2,002 | 0,016167649    | -7             | 0,260893092  | 0,788 | 0,104357237    | 0              | 0            | 0,000 | 0              |
| 13          | -7              | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    | -7             | 0,16039207   | 1,005 | 0,064156828    | -12            | 0            | 0,000 | 0              |
| 14          | -7              | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    | -4             | 0,095417093  | 1,303 | 0,038166837    | -4             | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    |
| 15          | -4              | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    | -8             | 3,780718336  | 0,207 | 1,512287335    | -4             | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    |
| 16          | -8              | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    | -3             | 0,909683071  | 0,422 | 0,363873228    | -4             | 0            | 0,000 | 0              |
| 17          | -3              | 0,082535112  | 1,401 | 0,033014045    | -9             | 4,05         | 0,200 | 1,62           | -7             | 0,078125     | 1,440 | 0,03125        |
| 18          | -9              | 0,095710684  | 1,301 | 0,038284274    | -2             | 0,260893092  | 0,788 | 0,104357237    | -4             | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    |
| 19          | -2              | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    | -7             | 0,16039207   | 1,005 | 0,064156828    | 4              | 0,872088329  | 0,431 | 0,348835331    |
| 20          | -7              | 0            | 0,000 | 0              | -9             | 0,040419121  | 2,002 | 0,016167649    | -2             | 0,095710684  | 1,301 | 0,038284274    |
| 21          | -9              | 0            | 0,000 | 0              | -2             | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    | 7              | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    |
| 22          | -2              | 0            | 0,000 | 0              | -8             | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    | -12            | 0,16039207   | 1,005 | 0,064156828    |
| 23          | -8              | 0,082535112  | 1,401 | 0,033014045    | -10            | 4,05         | 0,200 | 1,62           | -1             | 0,040419121  | 2,002 | 0,016167649    |
| 24          | -10             | 0,095710684  | 1,301 | 0,038284274    | -5             | 0,260893092  | 0,788 | 0,104357237    | -11            | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    |
| 25          | -5              | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    | -7             | 0,16039207   | 1,005 | 0,064156828    | 1              | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    |
| 26          | -7              | 0            | 0,000 | 0              | -10            | 0,040419121  | 2,002 | 0,016167649    | -9             | 0            | 0,000 | 0              |
| 27          | -10             | 0            | 0,000 | 0              | -8             | 0,160711735  | 1,004 | 0,064284694    | 4              | 0,110283306  | 1,212 | 0,044113322    |
| 28          | -8              | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    | 0              | 0,04045953   | 2,001 | 0,016183812    | -13            | 0,160073357  | 1,006 | 0,064029343    |
| 29          | 0               | 0,082535112  | 1,401 | 0,033014045    | 0              | 0            | 0,000 | 0              | -7             | 0,872088329  | 0,431 | 0,348835331    |
| 30          | -1              | 0,095710684  | 1,301 | 0,038284274    | -1             | 0,110283306  | 1,212 | 0,044113322    | -5             | 0,09556372   | 1,302 | 0,038225488    |
| 0,200322897 |                 |              |       |                | 0,705161049    |              |       |                | 0,288619061    |              |       |                |
| 1,022033333 |                 |              |       |                | 0,9418         |              |       |                | 0,997367       |              |       |                |
| 0,080129159 |                 |              |       |                | 0,28206442     |              |       |                | 0,115447624    |              |       |                |

| profil syarat kosong lengan 30 |                |              |         |                |                |              |        |                |                |              |        |                |
|--------------------------------|----------------|--------------|---------|----------------|----------------|--------------|--------|----------------|----------------|--------------|--------|----------------|
| periode 3 s                    |                |              |         |                | periode 7 s    |              |        |                | periode 10 s   |              |        |                |
| time (s)                       | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s)   | torque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s)  | torque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s)  | torque S1 (Nm) |
| 1                              | -2             | 0,047156     | 2,002   | 0,014146692    | 1              | 0,11132      | 1,303  | 0,033396       | 3              | 0,187497     | 1,004  | 0,05624911     |
| 2                              | 0              | 0,187497     | 1,004   | 0,056249107    | -4             | 4,410838     | 0,207  | 1,323251       | -1             | 0,047203     | 2,001  | 0,01416084     |
| 3                              | 3              | 0,047203     | 2,001   | 0,014160836    | -2             | 0            | 0,000  | 0              | 3              | 1,18125      | 0,400  | 0,354375       |
| 4                              | -2             | 1,18125      | 0,400   | 0,354375       | 3              | 0            | 0,000  | 0              | -3             | 0            | 0,000  | 0              |
| 5                              | 1              | 0            | 0,000   | 0              | -5             | 0,096291     | 1,401  | 0,028887       | 1              | 0,091146     | 1,440  | 0,02734375     |
| 6                              | -4             | 0            | 0,000   | 0              | 0              | 0,111662     | 1,301  | 0,033499       | -1             | 0,186752     | 1,006  | 0,05602567     |
| 7                              | -2             | 4,678102     | 0,201   | 1,403430608    | -1             | 0,186752     | 1,006  | 0,056026       | 0              | 1,017436     | 0,431  | 0,30523091     |
| 8                              | 3              | 0            | 0,000   | 0              | 1              | 0            | 0,000  | 0              | -1             | 0,111491     | 1,302  | 0,0334473      |
| 9                              | -5             | 0,128664     | 1,212   | 0,038599157    | 2              | 0            | 0,000  | 0              | 1              | 0,11132      | 1,303  | 0,03339598     |
| 10                             | 0              | 0            | 0,000   | 0              | -2             | 0,047156     | 2,002  | 0,014147       | 0              | 4,410838     | 0,207  | 1,32325142     |
| 11                             | -1             | 0,091146     | 1,440   | 0,02734375     | 0              | 0,187497     | 1,004  | 0,056249       | 3              | 0            | 0,000  | 0              |
| 12                             | 1              | 0,186752     | 1,006   | 0,056025675    | -2             | 0,047203     | 2,001  | 0,014161       | -1             | 0,047203     | 2,001  | 0,01416084     |
| 13                             | 2              | 1,017436     | 0,431   | 0,305230915    | 1              | 1,18125      | 0,400  | 0,354375       | 1              | 0,096291     | 1,401  | 0,02888729     |
| 14                             | -2             | 0,111491     | 1,302   | 0,033447302    | 0              | 0            | 0,000  | 0              | 2              | 0,111662     | 1,301  | 0,03349874     |
| 15                             | 0              | 0,304375     | 0,788   | 0,091312582    | 1              | 0            | 0,000  | 0              | -1             | 0,186752     | 1,006  | 0,05602567     |
| 16                             | -2             | 0,187124     | 1,005   | 0,056137224    | 0              | 0,186752     | 1,006  | 0,056026       | 1              | 0            | 0,000  | 0              |
| 17                             | 0              | 0,047156     | 2,002   | 0,014146692    | 0              | 1,017436     | 0,431  | 0,305231       | 2              | 0            | 0,000  | 0              |
| 18                             | 3              | 0,187497     | 1,004   | 0,056249107    | 0              | 0,111491     | 1,302  | 0,033447       | -2             | 0,047156     | 2,002  | 0,01414669     |
| 19                             | -2             | 0,047203     | 2,001   | 0,014160836    | -1             | 0,11132      | 1,303  | 0,033396       | 0              | 0,187497     | 1,004  | 0,05624911     |
| 20                             | 1              | 1,18125      | 0,400   | 0,354375       | 1              | 4,410838     | 0,207  | 1,323251       | -2             | 0,047203     | 2,001  | 0,01416084     |
| 21                             | -4             | 0            | 0,000   | 0              | 0              | 0            | 0,000  | 0              | 1              | 1,18125      | 0,400  | 0,354375       |
| 22                             | -2             | 0            | 0,000   | 0              | 3              | 0            | 0,000  | 0              | -2             | 0            | 0,000  | 0              |
| 23                             | -4             | 4,678102     | 0,201   | 1,403430608    | -1             | 0,096291     | 1,401  | 0,028887       | 3              | 0,111491     | 1,302  | 0,0334473      |
| 24                             | 3              | 0            | 0,000   | 0              | 1              | 0,111662     | 1,301  | 0,033499       | -5             | 0,11132      | 1,303  | 0,03339598     |
| 25 $\frac{v_2-v_1}{t_2-t_1}$   | -4             | 0,128664     | 1,212   | 0,038599157    | 2              | 0,186752     | 1,006  | 0,056026       | 0              | 4,410838     | 0,207  | 1,32325142     |
| 26                             | 3              | 0            | 0,000   | 0              | 1              | 0            | 0,000  | 0              | -1             | 0            | 0,000  | 0              |
| 27                             | -5             | 0,091146     | 1,440   | 0,02734375     | -1             | 0            | 0,000  | 0              | 1              | 0            | 0,000  | 0              |
| 28                             | 0              | 1,017436     | 0,431   | 0,305230915    | 1              | 0,047156     | 2,002  | 0,014147       | 2              | 0            | 0,000  | 0              |
| 29                             | -1             | 0,111491     | 1,302   | 0,033447302    | 2              | 0,187497     | 1,004  | 0,056249       | -2             | 4,678102     | 0,201  | 1,40343061     |
| 30                             | 1              | 0,304375     | 0,788   | 0,091312582    | -2             | 0,047203     | 2,001  | 0,014161       | 0              | 0            | 0,000  | 0              |
|                                |                | 0,53208      | 0,78577 | 0,15962516     |                | 0,42981      | 0,7863 | 0,12894        |                | 0,61872      | 0,7741 | 0,185617       |



| profil 1 syarat 1/4 air lengan 30 |              |              |       |              |                |              |         |              |                |              |        |              |
|-----------------------------------|--------------|--------------|-------|--------------|----------------|--------------|---------|--------------|----------------|--------------|--------|--------------|
| periode 3 s                       |              |              |       |              | periode 7 s    |              |         |              | periode 10 s   |              |        |              |
| time (s)                          | lta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s) | rque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s)   | rque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s)  | rque S1 (Nm) |
| 1                                 | -1           | 2,66958      | 2,001 | 0,800874     | 3              | 4,410838     | 0,207   | 1,323251     | 2              | 0,096291     | 1,401  | 0,028887     |
| 2                                 | 0            | 5,445789     | 1,401 | 1,633737     | -1             | 0            | 0,000   | 0            | -2             | 0,111662     | 1,301  | 0,033499     |
| 3                                 | -3           | 6,315133     | 1,301 | 1,89454      | -1             | 0,047203     | 2,001   | 0,014161     | -3             | 0,186752     | 1,006  | 0,056026     |
| 4                                 | -1           | 10,56188     | 1,006 | 3,168563     | -1             | 0,096291     | 1,401   | 0,028887     | -3             | 0            | 0,000  | 0            |
| 5                                 | 2            | 0            | 0,000 | 0            | -1             | 0,111662     | 1,301   | 0,033499     | 0              | 0            | 0,000  | 0            |
| 6                                 | -1           | 0            | 0,000 | 0            | -1             | 0,186752     | 1,006   | 0,056026     | -2             | 0,047156     | 2,002  | 0,014147     |
| 7                                 | 1            | 2,666914     | 2,002 | 0,800074     | 0              | 0,047156     | 2,002   | 0,014147     | -1             | 0,187497     | 1,004  | 0,056249     |
| 8                                 | 0            | 10,604       | 1,004 | 3,1812       | 0              | 0,187497     | 1,004   | 0,056249     | -2             | 0,047203     | 2,001  | 0,014161     |
| 9                                 | -1           | 2,66958      | 2,001 | 0,800874     | -1             | 0,047203     | 2,001   | 0,014161     | -2             | 1,18125      | 0,400  | 0,354375     |
| 10                                | -1           | 66,80625     | 0,400 | 20,04188     | 3              | 1,18125      | 0,400   | 0,354375     | -1             | 0            | 0,000  | 0            |
| 11                                | 2            | 0            | 0,000 | 0            | -2             | 0            | 0,000   | 0            | 0              | 0,047156     | 2,002  | 0,014147     |
| 12                                | -1           | 2,666914     | 2,002 | 0,800074     | 0              | 0,111662     | 1,301   | 0,033499     | -1             | 0            | 0,000  | 0            |
| 13                                | 1            | 10,604       | 1,004 | 3,1812       | 1              | 0,186752     | 1,006   | 0,056026     | -1             | 0            | 0,000  | 0            |
| 14                                | 0            | 2,66958      | 2,001 | 0,800874     | 1              | 0            | 0,000   | 0            | -2             | 4,678102     | 0,201  | 1,403431     |
| 15                                | -1           | 66,80625     | 0,400 | 20,04188     | -1             | 0            | 0,000   | 0            | -1             | 0            | 0,000  | 0            |
| 16                                | -1           | 0            | 0,000 | 0            | 1              | 0,047156     | 2,002   | 0,014147     | -2             | 0,128664     | 1,212  | 0,038599     |
| 17                                | 0            | 0            | 0,000 | 0            | -4             | 0,111662     | 1,301   | 0,033499     | -1             | 0            | 0,000  | 0            |
| 18                                | -2           | 264,5727     | 0,201 | 79,3718      | 2              | 0,186752     | 1,006   | 0,056026     | -2             | 0,096291     | 1,401  | 0,028887     |
| 19                                | -2           | 0            | 0,000 | 0            | -1             | 0            | 0,000   | 0            | -1             | 0,111662     | 1,301  | 0,033499     |
| 20                                | 0            | 7,276656     | 1,212 | 2,182997     | 1              | 0            | 0,000   | 0            | -2             | 0,186752     | 1,006  | 0,056026     |
| 21                                | 0            | 0            | 0,000 | 0            | -3             | 0,047156     | 2,002   | 0,014147     | 2              | 0,047156     | 2,002  | 0,014147     |
| 22                                | -1           | 5,154803     | 1,440 | 1,546441     | 1              | 0,187497     | 1,004   | 0,056249     | -2             | 0,187497     | 1,004  | 0,056249     |
| 23                                | -1           | 10,56188     | 1,006 | 3,168563     | 3              | 0,047203     | 2,001   | 0,014161     | -3             | 1,18125      | 0,400  | 0,354375     |
| 24                                | 0            | 57,54168     | 0,431 | 17,2625      | -1             | 4,410838     | 0,207   | 1,323251     | -3             | 0            | 0,000  | 0            |
| 25                                | 1            | 2,666914     | 2,002 | 0,800074     | -1             | 0            | 0,000   | 0            | 0              | 0,111662     | 1,301  | 0,033499     |
| 26                                | 0            | 10,604       | 1,004 | 3,1812       | 0              | 0,047203     | 2,001   | 0,014161     | -2             | 0,186752     | 1,006  | 0,056026     |
| 27                                | -1           | 2,66958      | 2,001 | 0,800874     | -1             | 0,096291     | 1,401   | 0,028887     | -1             | 0            | 0,000  | 0            |
| 28                                | -1           | 66,80625     | 0,400 | 20,04188     | 3              | 0,111662     | 1,301   | 0,033499     | -2             | 0            | 0,000  | 0            |
| 29                                | 0            | 0            | 0,000 | 0            | -2             | 0,047156     | 2,002   | 0,014147     | -2             | 0,047156     | 2,002  | 0,014147     |
| 30                                | -2           | 0            | 0,000 | 0            | 0              | 0,111662     | 1,301   | 0,033499     | 5              | 0,111662     | 1,301  | 0,033499     |
|                                   |              | 20,6113      | 0,874 | 6,1834       |                | 0,40222      | 1,03863 | 0,12067      |                | 0,29932      | 0,8418 | 0,0898       |

| profil 1 syarat 1/2 air lengan 30 |                |              |         |              |                |              |       |              |                |              |         |              |
|-----------------------------------|----------------|--------------|---------|--------------|----------------|--------------|-------|--------------|----------------|--------------|---------|--------------|
| periode 3 s                       |                |              |         |              | periode 7 s    |              |       |              | periode 10 s   |              |         |              |
| time (s)                          | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s)   | rque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s) | rque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s)   | rque S1 (Nm) |
| 1                                 | -1             | 0,091146     | 1,440   | 0,027344     | -3             | 0,047203     | 2,001 | 0,014161     | -2             | 0,091146     | 1,440   | 0,027344     |
| 2                                 | -2             | 0,186752     | 1,006   | 0,056026     | -6             | 0,096291     | 1,401 | 0,028887     | -4             | 0,186752     | 1,006   | 0,056026     |
| 3                                 | -1             | 1,017436     | 0,431   | 0,305231     | -5             | 0,111662     | 1,301 | 0,033499     | 0              | 1,017436     | 0,431   | 0,305231     |
| 4                                 | -2             | 0,111491     | 1,302   | 0,033447     | -15            | 0,186752     | 1,006 | 0,056026     | -6             | 0,111491     | 1,302   | 0,033447     |
| 5                                 | -1             | 0,11132      | 1,303   | 0,033396     | -2             | 0            | 0,000 | 0            | -4             | 0,11132      | 1,303   | 0,033396     |
| 6                                 | -2             | 4,410838     | 0,207   | 1,323251     | -4             | 0            | 0,000 | 0            | -3             | 4,410838     | 0,207   | 1,323251     |
| 7                                 | 2              | 0            | 0,000   | 0            | 0              | 0,047156     | 2,002 | 0,014147     | -4             | 1,061297     | 0,422   | 0,318389     |
| 8                                 | -2             | 0            | 0,000   | 0            | -6             | 0,187497     | 1,004 | 0,056249     | -3             | 4,725        | 0,200   | 1,4175       |
| 9                                 | -3             | 0,096291     | 1,401   | 0,028887     | -4             | 0,047203     | 2,001 | 0,014161     | -3             | 0,304375     | 0,788   | 0,091313     |
| 10                                | -3             | 0,111662     | 1,301   | 0,033499     | -3             | 1,18125      | 0,400 | 0,354375     | -3             | 0,187124     | 1,005   | 0,056137     |
| 11                                | 0              | 0,186752     | 1,006   | 0,056026     | -4             | 0            | 0,000 | 0            | -4             | 0,047156     | 2,002   | 0,014147     |
| 12                                | -2             | 0            | 0,000   | 0            | -3             | 0,111491     | 1,302 | 0,033447     | -3             | 0,187497     | 1,004   | 0,056249     |
| 13                                | -1             | 0            | 0,000   | 0            | -3             | 1,017436     | 0,431 | 0,305231     | -3             | 0,047203     | 2,001   | 0,014161     |
| 14                                | -2             | 0,047156     | 2,002   | 0,014147     | 0              | 0,111491     | 1,302 | 0,033447     | -2             | 0            | 0,000   | 0            |
| 15                                | 2              | 0,187497     | 1,004   | 0,056249     | -6             | 0,11132      | 1,303 | 0,033396     | -2             | 0,128664     | 1,212   | 0,038599     |
| 16                                | -2             | 0,047203     | 2,001   | 0,014161     | -4             | 1,061297     | 0,422 | 0,318389     | -4             | 0            | 0,000   | 0            |
| 17                                | -3             | 1,18125      | 0,400   | 0,354375     | -3             | 4,725        | 0,200 | 1,4175       | -3             | 0,091146     | 1,440   | 0,027344     |
| 18                                | -3             | 0            | 0,000   | 0            | -4             | 0,304375     | 0,788 | 0,091313     | -6             | 0,186752     | 1,006   | 0,056026     |
| 19                                | 0              | 0            | 0,000   | 0            | -3             | 0,187124     | 1,005 | 0,056137     | -5             | 1,017436     | 0,431   | 0,305231     |
| 20                                | -2             | 4,678102     | 0,201   | 1,403431     | -3             | 0,11132      | 1,303 | 0,033396     | -15            | 0,111491     | 1,302   | 0,033447     |
| 21                                | -1             | 0            | 0,000   | 0            | -2             | 4,410838     | 0,207 | 1,323251     | -2             | 0,11132      | 1,303   | 0,033396     |
| 22                                | -2             | 0,128664     | 1,212   | 0,038599     | -2             | 1,061297     | 0,422 | 0,318389     | -4             | 4,410838     | 0,207   | 1,323251     |
| 23                                | -2             | 0            | 0,000   | 0            | -3             | 4,725        | 0,200 | 1,4175       | 0              | 0            | 0,000   | 0            |
| 24                                | -1             | 0,091146     | 1,440   | 0,027344     | -2             | 0,047156     | 2,002 | 0,014147     | -6             | 0            | 0,000   | 0            |
| 25                                | 0              | 0,186752     | 1,006   | 0,056026     | -4             | 0,187497     | 1,004 | 0,056249     | -4             | 0,096291     | 1,401   | 0,028887     |
| 26                                | -1             | 1,017436     | 0,431   | 0,305231     | -3             | 0,047203     | 2,001 | 0,014161     | -3             | 0,111662     | 1,301   | 0,033499     |
| 27                                | 2              | 0,111491     | 1,302   | 0,033447     | -2             | 0            | 0,000 | 0            | 0              | 0,186752     | 1,006   | 0,056026     |
| 28                                | -2             | 0,11132      | 1,303   | 0,033396     | -2             | 0,128664     | 1,212 | 0,038599     | -2             | 0            | 0,000   | 0            |
| 29                                | -2             | 4,410838     | 0,207   | 1,323251     | -4             | 0            | 0,000 | 0            | -4             | 0            | 0,000   | 0            |
| 30                                | -2             | 1,017436     | 0,431   | 0,305231     | -3             | 0,091146     | 1,440 | 0,027344     | -3             | 0,096291     | 1,401   | 0,028887     |
|                                   | -1,3           | 0,65133      | 0,74457 | 0,1954       |                | 0,67816      | 0,922 | 0,20345      |                | 0,63458      | 0,83737 | 0,19037      |



| profil 1 syarat 3/4 air lengan 30 |                |              |        |              |                |              |        |              |                |              |        |                |
|-----------------------------------|----------------|--------------|--------|--------------|----------------|--------------|--------|--------------|----------------|--------------|--------|----------------|
| periode 3 s                       |                |              |        |              | periode 7 s    |              |        |              | periode 10 s   |              |        |                |
| time (s)                          | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s)  | rque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s)  | rque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s)  | torque S1 (Nm) |
| 1                                 | 4              | 0,304375     | 0,788  | 0,091313     | -5             | 0,11132      | 1,303  | 0,033396     | -15            | 0,091146     | 1,440  | 0,02734375     |
| 2                                 | -4             | 0,187124     | 1,005  | 0,056137     | -5             | 4,410838     | 0,207  | 1,323251     | -8             | 0,186752     | 1,006  | 0,05602567     |
| 3                                 | 3              | 0,11132      | 1,303  | 0,033396     | -6             | 0            | 0,000  | 0            | -4             | 1,017436     | 0,431  | 0,30523091     |
| 4                                 | -4             | 4,410838     | 0,207  | 1,323251     | -5             | 0            | 0,000  | 0            | -4             | 0,111491     | 1,302  | 0,0334473      |
| 5                                 | 3              | 1,061297     | 0,422  | 0,318389     | -6             | 0,096291     | 1,401  | 0,028887     | -15            | 0,11132      | 1,303  | 0,03339598     |
| 6                                 | -5             | 4,725        | 0,200  | 1,4175       | -6             | 0,111662     | 1,301  | 0,033499     | -2             | 4,410838     | 0,207  | 1,32325142     |
| 7                                 | 0              | 0,304375     | 0,788  | 0,091313     | -6             | 0,186752     | 1,006  | 0,056026     | -15            | 0            | 0,000  | 0              |
| 8                                 | -1             | 0,187124     | 1,005  | 0,056137     | -4             | 0            | 0,000  | 0            | -2             | 0            | 0,000  | 0              |
| 9                                 | 1              | 0,047156     | 2,002  | 0,014147     | -6             | 0            | 0,000  | 0            | -15            | 0,096291     | 1,401  | 0,02888729     |
| 10                                | 2              | 0,187497     | 1,004  | 0,056249     | -6             | 0,047156     | 2,002  | 0,014147     | -4             | 0,111662     | 1,301  | 0,03349874     |
| 11                                | -2             | 0,047203     | 2,001  | 0,014161     | -11            | 0,187497     | 1,004  | 0,056249     | -8             | 0,186752     | 1,006  | 0,05602567     |
| 12                                | 0              | 0            | 0,000  | 0            | -15            | 0,047203     | 2,001  | 0,014161     | 2              | 0            | 0,000  | 0              |
| 13                                | -2             | 0,128664     | 1,212  | 0,038599     | -8             | 1,18125      | 0,400  | 0,354375     | -15            | 0            | 0,000  | 0              |
| 14                                | 0              | 0            | 0,000  | 0            | -4             | 0            | 0,000  | 0            | -9             | 0            | 0,000  | 0              |
| 15                                | 3              | 0,091146     | 1,440  | 0,027344     | -4             | 0            | 0,000  | 0            | -15            | 0,14492      | 1,142  | 0,04347613     |
| 16                                | -2             | 0,186752     | 1,006  | 0,056026     | -3             | 4,678102     | 0,201  | 1,403431     | -5             | 0            | 0,000  | 0              |
| 17                                | 1              | 1,017436     | 0,431  | 0,305231     | -6             | 0            | 0,000  | 0            | -9             | 0,047203     | 2,001  | 0,01416084     |
| 18                                | -4             | 0,111491     | 1,302  | 0,033447     | -4             | 0,128664     | 1,212  | 0,038599     | -15            | 1,18125      | 0,400  | 0,354375       |
| 19                                | -2             | 0,11132      | 1,303  | 0,033396     | -6             | 0            | 0,000  | 0            | -5             | 0            | 0,000  | 0              |
| 20                                | -2             | 0,304375     | 0,788  | 0,091313     | -3             | 0,091146     | 1,440  | 0,027344     | -7             | 0            | 0,000  | 0              |
| 21                                | -2             | 0,187124     | 1,005  | 0,056137     | -6             | 0,186752     | 1,006  | 0,056026     | -3             | 4,678102     | 0,201  | 1,40343061     |
| 22                                | -2             | 0,047156     | 2,002  | 0,014147     | -6             | 1,017436     | 0,431  | 0,305231     | -7             | 0            | 0,000  | 0              |
| 23                                | -2             | 0,187497     | 1,004  | 0,056249     | -4             | 0,111491     | 1,302  | 0,033447     | -6             | 0,128664     | 1,212  | 0,03859916     |
| 24                                | -2             | 0            | 0,000  | 0            | -5             | 0,11132      | 1,303  | 0,033396     | -6             | 0            | 0,000  | 0              |
| 25                                | -2             | 0,128664     | 1,212  | 0,038599     | -3             | 0,304375     | 0,788  | 0,091313     | -6             | 0,091146     | 1,440  | 0,02734375     |
| 26                                | -2             | 0,186752     | 1,006  | 0,056026     | -5             | 0            | 0,000  | 0            | -6             | 0,186752     | 1,006  | 0,05602567     |
| 27                                | -2             | 1,017436     | 0,431  | 0,305231     | -4             | 0,128664     | 1,212  | 0,038599     | -5             | 1,017436     | 0,431  | 0,30523091     |
| 28                                | -2             | 0,111491     | 1,302  | 0,033447     | -6             | 0            | 0,000  | 0            | -4             | 0,111491     | 1,302  | 0,0334473      |
| 29                                | -2             | 0,11132      | 1,303  | 0,033396     | -6             | 0,091146     | 1,440  | 0,027344     | -5             | 0,11132      | 1,303  | 0,03339598     |
| 30                                | -2             | 1,061297     | 0,422  | 0,318389     | -11            | 0,186752     | 1,006  | 0,056026     | -5             | 0,186752     | 1,006  | 0,05602567     |
|                                   | -1,03333       | 0,55211      | 0,9298 | 0,16563      |                | 0,44719      | 0,7322 | 0,13416      |                | 0,47362      | 0,6947 | 0,14208726     |

profil 2 syarat kosong lengan 30

| periode 3 s |                 |              |       |                | periode 7 s     |              |       |                | periode 10 s    |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|-----------------|--------------|-------|----------------|-----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1           | -2              | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    | 3               | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    | 1               | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    |
| 2           | 0               | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    | -1              | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    | -4              | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    |
| 3           | 3               | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    | 3               | 1,06875      | 0,400 | 0,320625       | -2              | 1,06875      | 0,400 | 0,320625       |
| 4           | -2              | 1,06875      | 0,400 | 0,320625       | -3              | 0            | 0,000 | 0              | 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| 5           | 1               | 0            | 0,000 | 0              | 1               | 0,082465278  | 1,440 | 0,024739583    | -5              | 0,082465278  | 1,440 | 0,024739583    |
| 6           | -4              | 0            | 0,000 | 0              | -1              | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    | 0               | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    |
| 7           | -2              | 4,232568501  | 0,201 | 1,26977055     | 0               | 0,92053768   | 0,431 | 0,276161304    | -1              | 0,92053768   | 0,431 | 0,276161304    |
| 8           | 3               | 0            | 0,000 | 0              | -1              | 0,100872815  | 1,302 | 0,030261845    | 1               | 0,100872815  | 1,302 | 0,030261845    |
| 9           | -5              | 0,116410156  | 1,212 | 0,034923047    | 1               | 0,100718043  | 1,303 | 0,030215413    | 2               | 0,100718043  | 1,303 | 0,030215413    |
| 10          | 0               | 0            | 0,000 | 0              | 0               | 3,990758244  | 0,207 | 1,197227473    | -2              | 3,990758244  | 0,207 | 1,197227473    |
| 11          | -1              | 0,082465278  | 1,440 | 0,024739583    | 3               | 0            | 0,000 | 0              | 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 12          | 1               | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    | -1              | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    | -2              | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    |
| 13          | 2               | 0,92053768   | 0,431 | 0,276161304    | 1               | 0,087120396  | 1,401 | 0,026136119    | 1               | 0,087120396  | 1,401 | 0,026136119    |
| 14          | -2              | 0,100872815  | 1,302 | 0,030261845    | 2               | 0,101027945  | 1,301 | 0,030308383    | 0               | 0,101027945  | 1,301 | 0,030308383    |
| 15          | 0               | 0,275387152  | 0,788 | 0,082616146    | -1              | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    | 1               | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    |
| 16          | -2              | 0,16930274   | 1,005 | 0,050790822    | 1               | 0            | 0,000 | 0              | 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 17          | 0               | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    | 2               | 0            | 0,000 | 0              | 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 18          | 3               | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    | -2              | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    | 0               | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    |
| 19          | -2              | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    | 0               | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    | -1              | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    |
| 20          | 1               | 1,06875      | 0,400 | 0,320625       | -2              | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    | 1               | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    |
| 21          | -4              | 0            | 0,000 | 0              | 1               | 1,06875      | 0,400 | 0,320625       | 0               | 1,06875      | 0,400 | 0,320625       |
| 22          | -2              | 0            | 0,000 | 0              | -2              | 0            | 0,000 | 0              | 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| 23          | -4              | 4,232568501  | 0,201 | 1,26977055     | 3               | 0,100872815  | 1,302 | 0,030261845    | -1              | 0,100872815  | 1,302 | 0,030261845    |
| 24          | 3               | 0            | 0,000 | 0              | -5              | 0,100718043  | 1,303 | 0,030215413    | 1               | 0,100718043  | 1,303 | 0,030215413    |
| 25          | -4              | 0,116410156  | 1,212 | 0,034923047    | 0               | 3,990758244  | 0,207 | 1,197227473    | 2               | 3,990758244  | 0,207 | 1,197227473    |
| 26          | 3               | 0            | 0,000 | 0              | -1              | 0            | 0,000 | 0              | 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 27          | -5              | 0,082465278  | 1,440 | 0,024739583    | 1               | 0            | 0,000 | 0              | -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 28          | 0               | 0,92053768   | 0,431 | 0,276161304    | 2               | 0            | 0,000 | 0              | 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 29          | -1              | 0,100872815  | 1,302 | 0,030261845    | -2              | 4,232568501  | 0,201 | 1,26977055     | 2               | 4,232568501  | 0,201 | 1,26977055     |
| 30          | 1               | 0,275387152  | 0,788 | 0,082616146    | 0               | 0            | 0,000 | 0              | -2              | 0            | 0,000 | 0              |

0,481409213 0,785766667 0,144422764

0,559797248 0,7741 0,167939174

0,559797248 0,7741 0,167939174

| periode 3 s |                |              |       |                | periode 7 s     |              |       |                | periode 10 s    |              |       |                |
|-------------|----------------|--------------|-------|----------------|-----------------|--------------|-------|----------------|-----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | elta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1           | 3              | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    | -5              | 0,960221019  | 0,422 | 0,288066306    | 0               | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    |
| 2           | -1             | 0,087120396  | 1,401 | 0,026136119    | 0               | 4,275        | 0,200 | 1,2825         | 0               | 0,087120396  | 1,401 | 0,026136119    |
| 3           | -1             | 0,101027945  | 1,301 | 0,030308383    | -1              | 0,275387152  | 0,788 | 0,082616146    | 0               | 0,101027945  | 1,301 | 0,030308383    |
| 4           | -1             | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    | 1               | 0,16930274   | 1,005 | 0,050790822    | 0               | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    |
| 5           | -1             | 0            | 0,000 | 0              | 2               | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    | 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 6           | -1             | 0            | 0,000 | 0              | -2              | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    | 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 7           | 0              | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    | 0               | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    | -1              | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    |
| 8           | 0              | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    | -2              | 0            | 0,000 | 0              | -1              | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    |
| 9           | -1             | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    | 1               | 0,116410156  | 1,212 | 0,034923047    | 2               | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    |
| 10          | 3              | 1,06875      | 0,400 | 0,320625       | 0               | 0            | 0,000 | 0              | -2              | 1,06875      | 0,400 | 0,320625       |
| 11          | -2             | 0            | 0,000 | 0              | -4              | 0,082465278  | 1,440 | 0,024739583    | 1               | 0,275387152  | 0,788 | 0,082616146    |
| 12          | 0              | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    | -2              | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    | -1              | 0,16930274   | 1,005 | 0,050790822    |
| 13          | 1              | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    | 3               | 0,92053768   | 0,431 | 0,276161304    | 3               | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    |
| 14          | 1              | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    | -5              | 0,100872815  | 1,302 | 0,030261845    | -1              | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    |
| 15          | -1             | 1,06875      | 0,400 | 0,320625       | 0               | 0,100718043  | 1,303 | 0,030215413    | 1               | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    |
| 16          | 1              | 0            | 0,000 | 0              | -1              | 0,100872815  | 1,302 | 0,030261845    | 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 17          | -4             | 0            | 0,000 | 0              | 1               | 0,100718043  | 1,303 | 0,030215413    | 1               | 0,116410156  | 1,212 | 0,034923047    |
| 18          | 2              | 4,232568501  | 0,201 | 1,26977055     | 2               | 0,960221019  | 0,422 | 0,288066306    | 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 19          | -1             | 0            | 0,000 | 0              | -2              | 4,275        | 0,200 | 1,2825         | 1               | 0,082465278  | 1,440 | 0,024739583    |
| 20          | 1              | 0,116410156  | 1,212 | 0,034923047    | 0               | 0,100872815  | 1,302 | 0,030261845    | -1              | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    |
| 21          | -3             | 0            | 0,000 | 0              | -2              | 0,100718043  | 1,303 | 0,030215413    | 0               | 0,92053768   | 0,431 | 0,276161304    |
| 22          | 1              | 0,082465278  | 1,440 | 0,024739583    | 1               | 3,990758244  | 0,207 | 1,197227473    | 1               | 0,100872815  | 1,302 | 0,030261845    |
| 23          | 3              | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    | 0               | 0            | 0,000 | 0              | 1               | 0,100718043  | 1,303 | 0,030215413    |
| 24          | -1             | 0,92053768   | 0,431 | 0,276161304    | 1               | 0            | 0,000 | 0              | -2              | 0,100872815  | 1,302 | 0,030261845    |
| 25          | -1             | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    | 0               | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    | 0               | 0,100718043  | 1,303 | 0,030215413    |
| 26          | 0              | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    | 0               | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    | -2              | 0,960221019  | 0,422 | 0,288066306    |
| 27          | -1             | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    | 0               | 0            | 0,000 | 0              | 1               | 4,275        | 0,200 | 1,2825         |
| 28          | 3              | 0            | 0,400 | 0              | -1              | 0,082465278  | 1,440 | 0,024739583    | 1               | 0,100872815  | 1,302 | 0,030261845    |
| 29          | -2             | 0            | 0,000 | 0              | 1               | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    | -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 30          | 0              | 0            | 0,000 | 0              | -4              | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    | -1              | 0,116410156  | 1,212 | 0,029102539    |

-0,1 0,294110203 0,874 0,088233061

0,589582449 0,887 0,176874735

0,318911704 1,0117 0,095479494



profil 2 syarat 1/2 air lengan 30

| periode 3 s |                 |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1           | 4               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 2           | -4              | 0,087120396  | 1,401 | 0,021780099    |
| 3           | 3               | 0,101027945  | 1,301 | 0,025256986    |
| 4           | -4              | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 5           | 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| 6           | -5              | 0            | 0,000 | 0              |
| 7           | 0               | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 8           | -1              | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 9           | 1               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 10          | 2               | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      |
| 11          | -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 12          | 0               | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 13          | -2              | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 14          | 0               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 15          | 3               | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      |
| 16          | -2              | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 17          | 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 18          | -4              | 0            | 0,000 | 0              |
| 19          | -2              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 20          | -2              | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 21          | -2              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 22          | -2              | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      |
| 23          | -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 24          | -2              | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    |
| 25          | -2              | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    |
| 26          | -2              | 3,990758244  | 0,207 | 0,997689561    |
| 27          | -2              | 4,232568501  | 0,201 | 1,058142125    |
| 28          | -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 29          | -2              | 0,116410156  | 1,212 | 0,029102539    |
| 30          | -2              | 0            | 0,000 | 0              |

0,436046742 0,905366667 0,109011685

| periode 7 s     |              |       |                |
|-----------------|--------------|-------|----------------|
| delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| -4              | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    |
| 3               | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    |
| -5              | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    |
| 0               | 1,06875      | 0,400 | 0,320625       |
| -1              | 0,275387152  | 0,788 | 0,082616146    |
| 1               | 0,16930274   | 1,005 | 0,050790822    |
| 2               | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    |
| -2              | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    |
| 0               | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    |
| -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0,116410156  | 1,212 | 0,034923047    |
| 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 0,082465278  | 1,440 | 0,024739583    |
| 1               | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    |
| -4              | 0,92053768   | 0,431 | 0,276161304    |
| -2              | 0,100872815  | 1,302 | 0,030261845    |
| 4               | 0,960221019  | 0,422 | 0,288066306    |
| -4              | 4,275        | 0,200 | 1,2825         |
| 3               | 0,275387152  | 0,788 | 0,082616146    |
| -4              | 0,16930274   | 1,005 | 0,050790822    |
| 3               | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    |
| -5              | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    |
| 0               | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    |
| -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 0,116410156  | 1,212 | 0,034923047    |
| 2               | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 0,082465278  | 1,440 | 0,024739583    |
| 0               | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    |
| -2              | 0,92053768   | 0,431 | 0,276161304    |
| 0               | 0,100872815  | 1,302 | 0,030261845    |

0,357896384 1,0137 0,107368915

| periode 10 s    |              |       |                |
|-----------------|--------------|-------|----------------|
| delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| -3              | 0,16930274   | 1,005 | 0,050790822    |
| 0               | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    |
| 1               | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    |
| -2              | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    |
| 1               | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    |
| -1              | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    |
| 0               | 0,087120396  | 1,401 | 0,026136119    |
| -2              | 0,101027945  | 1,301 | 0,030308383    |
| 2               | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 2               | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 2               | 0,087120396  | 1,401 | 0,026136119    |
| -5              | 0,101027945  | 1,301 | 0,030308383    |
| 0               | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    |
| -1              | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    |
| 1               | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    |
| 2               | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    |
| -2              | 0,087120396  | 1,401 | 0,026136119    |
| 0               | 0,101027945  | 1,301 | 0,030308383    |
| -2              | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 0,087120396  | 1,401 | 0,026136119    |
| -4              | 0,101027945  | 1,301 | 0,030308383    |
| -2              | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    |
| 4               | 0            | 0,000 | 0              |
| -4              | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    |

0,078761342 1,028566667 0,023628403

| periode 3 s                               |                 |              |       |                | periode 7 s                          |              |       |                |                 | periode 10 s                             |       |                |  |  |
|---|-----------------|--------------|-------|----------------|--------------------------------------|--------------|-------|----------------|-----------------|--|-------|----------------|--|--|
| time (s)                                  | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm)                      | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm) | force S1 (N)                             | t     | torque S1 (Nm) |  |  |
| 1   | -4              | 0,960221019  | 0,422 | 0,288066306    | -6                                   | 0,100872815  | 1,302 | 0,030261845    | -4              | 0,082465278                              | 1,440 | 0,024739583    |  |  |
| 2   | -3              | 4,275        | 0,200 | 1,2825         | -1                                   | 0,100718043  | 1,303 | 0,030215413    | -6              | 0,168966321                              | 1,006 | 0,050689896    |  |  |
| 3   | -1              | 0,275387152  | 0,788 | 0,082616146    | -6                                   | 0,960221019  | 0,422 | 0,288066306    | -6              | 0,92053768                               | 0,431 | 0,276161304    |  |  |
| 4   | -4              | 0,16930274   | 1,005 | 0,050790822    | -4                                   | 4,275        | 0,200 | 1,2825         | -11             | 0,100872815                              | 1,302 | 0,030261845    |  |  |
| 5   | 1               | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    | -9                                   | 0,275387152  | 0,788 | 0,082616146    | -15             | 0,100718043                              | 1,303 | 0,030215413    |  |  |
| 6   | -8              | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    | -5                                   | 0,16930274   | 1,005 | 0,050790822    | -8              | 3,990758244                              | 0,207 | 1,197227473    |  |  |
| 7   | -3              | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    | -10                                  | 0,100718043  | 1,303 | 0,030215413    | -4              | 0  | 0,000 | 0              |  |  |
| 8   | -7              | 1,06875      | 0,400 | 0,320625       | -6                                   | 3,990758244  | 0,207 | 1,197227473    | -4              | 0  | 0,000 | 0              |  |  |
| 9   | -4              | 0            | 0,000 | 0              | -7                                   | 0,960221019  | 0,422 | 0,288066306    | -15             | 0,169640164                              | 1,004 | 0,050892049    |  |  |
| 10  | -6              | 0            | 0,000 | 0              | -15                                  | 4,275        | 0,200 | 1,2825         | -2              | 0,042707282                              | 2,001 | 0,012812185    |  |  |
| 11  | -1              | 4,232568501  | 0,201 | 1,26977055     | -1                                   | 0,275387152  | 0,788 | 0,082616146    | -15             | 0,087120396                              | 1,401 | 0,026136119    |  |  |
| 12  | -6              | 0            | 0,000 | 0              | -4                                   | 0,16930274   | 1,005 | 0,050790822    | -2              | 0,101027945                              | 1,301 | 0,030308383    |  |  |
| 13  | -4              | 0,116410156  | 1,212 | 0,034923047    | -2                                   | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    | -15             | 0,168966321                              | 1,006 | 0,050689896    |  |  |
| 14  | -9              | 0            | 0,000 | 0              | 0                                    | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    | -4              | 0  | 0,000 | 0              |  |  |
| 15  | -7              | 0,082465278  | 1,440 | 0,024739583    | -2                                   | 0,042707282  | 2,001 | 0,012812185    | -4              | 0  | 0,000 | 0              |  |  |
| 16  | -4              | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    | -2                                   | 0            | 0,000 | 0              | -5              | 0,042664628                              | 2,002 | 0,012799388    |  |  |
| 17  | -6              | 0,92053768   | 0,431 | 0,276161304    | -2                                   | 0,116410156  | 1,212 | 0,034923047    | -5              | 0,169640164                              | 1,004 | 0,050892049    |  |  |
| 18  | -1              | 0,100872815  | 1,302 | 0,030261845    | -4                                   | 0            | 0,000 | 0              | -5              | 0,042707282                              | 2,001 | 0,012812185    |  |  |
| 19  | -6              | 0,100718043  | 1,303 | 0,030215413    | -3                                   | 0,082465278  | 1,440 | 0,024739583    | -6              | 1,06875                                  | 0,400 | 0,320625       |  |  |
| 20  | -4              | 3,990758244  | 0,207 | 1,197227473    | -1                                   | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    | -5              | 0,042664628                              | 2,002 | 0,012799388    |  |  |
| 21  | -9              | 0            | 0,000 | 0              | -4                                   | 0,92053768   | 0,431 | 0,276161304    | -6              | 0,042664628                              | 2,002 | 0,012799388    |  |  |
| 22  | -5              | 0            | 0,000 | 0              | 1                                    | 0,100872815  | 1,302 | 0,030261845    | -6              | 0,169640164                              | 1,004 | 0,050892049    |  |  |
| 23  | -10             | 0,087120396  | 1,401 | 0,026136119    | -8                                   | 0,100718043  | 1,303 | 0,030215413    | -6              | 0,042707282                              | 2,001 | 0,012812185    |  |  |
| 24  | -6              | 0,101027945  | 1,301 | 0,030308383    | -2                                   | 0,275387152  | 0,788 | 0,082616146    | -4              | 1,06875                                  | 0,400 | 0,320625       |  |  |
| 25  | -7              | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    | -4                                   | 0,16930274   | 1,005 | 0,050790822    | -6              | 0  | 0,000 | 0              |  |  |
| 26  | -15             | 0            | 0,000 | 0              | -3                                   | 0,042664628  | 2,002 | 0,012799388    | -6              | 0,082465278                              | 1,440 | 0,024739583    |  |  |
| 27  | -1              | 0            | 0,000 | 0              | -1                                   | 0,169640164  | 1,004 | 0,050892049    | -11             | 0,168966321                              | 1,006 | 0,050689896    |  |  |
| 28  | -15             | 0            | 0,000 | 0              | -10                                  | 0            | 0,000 | 0              | -15             | 0,92053768                               | 0,431 | 0,276161304    |  |  |
| 29  | -15             | 0,131118479  | 1,142 | 0,039335544    | -6                                   | 0,116410156  | 1,212 | 0,034923047    | -6              | 0,100872815                              | 1,302 | 0,030261845    |  |  |
| 30  | -2              | 0            | 0,000 | 0              | -7                                   | 0,168966321  | 1,006 | 0,050689896    | -11             | 0,100718043                              | 1,303 | 0,030215413    |  |  |
| 0,573506772    0,659133333    0,172052032 |                 |              |       |                | 0,611341417    0,9221    0,183402425 |              |       |                |                 | 0,33325098    1,023333333    0,099975294 |       |                |  |  |

0,573506772 0,659133333 0,172052032

0,611341417 0,9221 0,183402425

0,33325098 1,023333333 0,099975294



profil 3 syaratt kosong lengan 30

| periode 3 s |                 |              |       |                | periode 7 s     |              |       |                |  | periode 10 s    |              |       |                |  |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|-----------------|--------------|-------|----------------|--|-----------------|--------------|-------|----------------|--|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) |       | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm) | force S1 (N) |       | torque S1 (Nm) |  | delta h S1 (mm) | force S1 (N) |       | torque S1 (Nm) |  |
| 1           | 6               | 0,040419121  | 2,002 | 0,012125736    | 5               | 0,909683071  | 0,422 | 0,272904921    |  | 6               | 0,04045953   | 2,001 | 0,01213786     |  |
| 2           | 5               | 0,160711735  | 1,004 | 0,04821352     | 10              | 4,05         | 0,200 | 1,215          |  | 5               | 0            | 0,000 | 0              |  |
| 3           | 5               | 0,04045953   | 2,001 | 0,012137859    | 12              | 0,260893092  | 0,788 | 0,078267928    |  | 5               | 0,110283306  | 1,212 | 0,03308499     |  |
| 4           | 10              | 1,0125       | 0,400 | 0,30375        | 5               | 0,16039207   | 1,005 | 0,048117621    |  | 10              | 0            | 0,000 | 0              |  |
| 5           | 12              | 0            | 0,000 | 0              | 4               | 0,040419121  | 2,002 | 0,012125736    |  | 12              | 0,078125     | 1,440 | 0,0234375      |  |
| 6           | 5               | 0            | 0,000 | 0              | 12              | 0,160711735  | 1,004 | 0,04821352     |  | 5               | 0,160073357  | 1,006 | 0,04802201     |  |
| 7           | 4               | 4,009801738  | 0,201 | 1,202940521    | 11              | 0,04045953   | 2,001 | 0,012137859    |  | 4               | 0,872088329  | 0,431 | 0,2616265      |  |
| 8           | 12              | 0            | 0,000 | 0              | 12              | 0            | 0,000 | 0              |  | 12              | 0,09556372   | 1,302 | 0,02866912     |  |
| 9           | 11              | 0,110283306  | 1,212 | 0,033084992    | 2               | 0,110283306  | 1,212 | 0,033084992    |  | 11              | 0,095417093  | 1,303 | 0,02862513     |  |
| 10          | 12              | 0            | 0,000 | 0              | 4               | 0            | 0,000 | 0              |  | 12              | 0            | 0,000 | 0              |  |
| 11          | 2               | 0,078125     | 1,440 | 0,0234375      | 5               | 0,078125     | 1,440 | 0,0234375      |  | 2               | 4,009801738  | 0,201 | 1,20294052     |  |
| 12          | 4               | 0,160073357  | 1,006 | 0,048022007    | 5               | 0,160073357  | 1,006 | 0,048022007    |  | 4               | 0            | 0,000 | 0              |  |
| 13          | 5               | 0,872088329  | 0,431 | 0,261626499    | 10              | 0,872088329  | 0,431 | 0,261626499    |  | 5               | 0,110283306  | 1,212 | 0,03308499     |  |
| 14          | 12              | 0,09556372   | 1,302 | 0,028669116    | 12              | 0,09556372   | 1,302 | 0,028669116    |  | 12              | 0            | 0,000 | 0              |  |
| 15          | 12              | 0,260893092  | 0,788 | 0,078267928    | 5               | 0,095417093  | 1,303 | 0,028625128    |  | 12              | 4,05         | 0,200 | 1,215          |  |
| 16          | 12              | 0,16039207   | 1,005 | 0,048117621    | 4               | 0,09556372   | 1,302 | 0,028669116    |  | 12              | 0,09556372   | 1,302 | 0,02866912     |  |
| 17          | 6               | 0,040419121  | 2,002 | 0,012125736    | 12              | 0,095417093  | 1,303 | 0,028625128    |  | 11              | 0,095417093  | 1,303 | 0,02862513     |  |
| 18          | 2               | 0,160711735  | 1,004 | 0,04821352     | 11              | 0,909683071  | 0,422 | 0,272904921    |  | 12              | 3,780718336  | 0,207 | 1,1342155      |  |
| 19          | 11              | 0,04045953   | 2,001 | 0,012137859    | 12              | 4,05         | 0,200 | 1,215          |  | 2               | 0            | 0,000 | 0              |  |
| 20          | 12              | 1,0125       | 0,400 | 0,30375        | 4               | 0,09556372   | 1,302 | 0,028669116    |  | 4               | 0            | 0,000 | 0              |  |
| 21          | 15              | 0            | 0,000 | 0              | 12              | 0,095417093  | 1,303 | 0,028625128    |  | 5               | 0,160711735  | 1,004 | 0,04821352     |  |
| 22          | 15              | 0            | 0,000 | 0              | 11              | 3,780718336  | 0,207 | 1,134215501    |  | 5               | 0,04045953   | 2,001 | 0,01213786     |  |
| 23          | 15              | 4,009801738  | 0,201 | 1,202940521    | 12              | 0            | 0,000 | 0              |  | 12              | 0            | 0,000 | 0              |  |
| 24          | 15              | 0            | 0,000 | 0              | 2               | 0            | 0,000 | 0              |  | 12              | 0,078125     | 1,440 | 0,0234375      |  |
| 25          | 15              | 0,110283306  | 1,212 | 0,033084992    | 4               | 0,160711735  | 1,004 | 0,04821352     |  | 12              | 0,160073357  | 1,006 | 0,04802201     |  |
| 26          | 15              | 0            | 0,000 | 0              | 5               | 0,04045953   | 2,001 | 0,012137859    |  | 11              | 0,160711735  | 1,004 | 0,04821352     |  |
| 27          | 15              | 0,078125     | 1,440 | 0,0234375      | 5               | 0            | 0,000 | 0              |  | 12              | 0,09556372   | 1,302 | 0,02866912     |  |
| 28          | 15              | 0,872088329  | 0,431 | 0,261626499    | 10              | 0,078125     | 1,440 | 0,0234375      |  | 5               | 0,095417093  | 1,303 | 0,02862513     |  |
| 29          | 15              | 0,09556372   | 1,302 | 0,028669116    | 11              | 0,160073357  | 1,006 | 0,048022007    |  | 12              | 3,780718336  | 0,207 | 1,1342155      |  |
| 30          | 15              | 0,260893092  | 0,788 | 0,078267928    | 12              | 0,160711735  | 1,004 | 0,04821352     |  | 5               | 0            | 0,000 | 0              |  |

0,456071886 0,78577 0,136821566

0,558551794 0,887 0,16756554

0,605519168 0,74623333 0,18165575

profil 3 syarat 1/4 air lengan 30

| periode 3 s |                 |              |                |            | periode 7 s     |              |                |             | periode 10 s    |              |                |             |
|-------------|-----------------|--------------|----------------|------------|-----------------|--------------|----------------|-------------|-----------------|--------------|----------------|-------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | torque S1 (Nm) |            | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | torque S1 (Nm) |             | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | torque S1 (Nm) |             |
| 1           | 2               | 4,05         | 0,200          | 1,215      | -1              | 0,909683071  | 0,422          | 0,272904921 | -9              | 0,040419121  | 2,002          | 0,012125736 |
| 2           | -1              | 0,2608931    | 0,788          | 0,07826793 | -2              | 4,05         | 0,200          | 1,215       | -2              | 0,160711735  | 1,004          | 0,04821352  |
| 3           | 1               | 0,1603921    | 1,005          | 0,04811762 | 3               | 0,260893092  | 0,788          | 0,078267928 | -8              | 0,04045953   | 2,001          | 0,012137859 |
| 4           | 0               | 0,0404191    | 2,002          | 0,01212574 | 4               | 0,16039207   | 1,005          | 0,048117621 | -6              | 1,0125       | 0,400          | 0,30375     |
| 5           | 1               | 0,1607117    | 1,004          | 0,04821352 | -15             | 0,040419121  | 2,002          | 0,012125736 | -10             | 0            | 0,000          | 0           |
| 6           | 0               | 0,0404595    | 2,001          | 0,01213786 | 2               | 0,160711735  | 1,004          | 0,04821352  | 1               | 0            | 0,000          | 0           |
| 7           | 0               | 0            | 0,000          | 0          | -9              | 0,04045953   | 2,001          | 0,012137859 | -5              | 4,009801738  | 0,201          | 1,202940521 |
| 8           | 0               | 0,1102833    | 1,212          | 0,03308499 | 2               | 0            | 0,000          | 0           | -1              | 0            | 0,000          | 0           |
| 9           | -1              | 0            | 0,000          | 0          | -5              | 0,110283306  | 1,212          | 0,033084992 | 0               | 0,110283306  | 1,212          | 0,033084992 |
| 10          | 1               | 0,078125     | 1,440          | 0,0234375  | -4              | 0            | 0,000          | 0           | -4              | 0            | 0,000          | 0           |
| 11          | 0               | 0,1600734    | 1,006          | 0,04802201 | -9              | 0,078125     | 1,440          | 0,0234375   | -3              | 0,078125     | 1,440          | 0,0234375   |
| 12          | 3               | 0,8720883    | 0,431          | 0,2616265  | 0               | 0,160073357  | 1,006          | 0,048022007 | -4              | 0,160073357  | 1,006          | 0,048022007 |
| 13          | -1              | 0,0955637    | 1,302          | 0,02866912 | -2              | 0,872088329  | 0,431          | 0,261626499 | 0               | 0,872088329  | 0,431          | 0,261626499 |
| 14          | 1               | 0,0954171    | 1,303          | 0,02862513 | -7              | 0,09556372   | 1,302          | 0,028669116 | -2              | 0,09556372   | 1,302          | 0,028669116 |
| 15          | 2               | 0            | 0,000          | 0          | -6              | 0,095417093  | 1,303          | 0,028625128 | -7              | 0,260893092  | 0,788          | 0,078267928 |
| 16          | 1               | 4,0098017    | 0,201          | 1,20294052 | -15             | 0,09556372   | 1,302          | 0,028669116 | -6              | 0,16039207   | 1,005          | 0,048117621 |
| 17          | -1              | 0            | 0,000          | 0          | 2               | 0,095417093  | 1,303          | 0,028625128 | -15             | 0,040419121  | 2,002          | 0,012125736 |
| 18          | 0               | 0,1102833    | 1,212          | 0,03308499 | -15             | 0,909683071  | 0,422          | 0,272904921 | 2               | 0,160711735  | 1,004          | 0,04821352  |
| 19          | 0               | 0            | 0,000          | 0          | -6              | 4,05         | 0,200          | 1,215       | -15             | 0,04045953   | 2,001          | 0,012137859 |
| 20          | -2              | 0,078125     | 1,440          | 0,0234375  | 4               | 0,09556372   | 1,302          | 0,028669116 | -6              | 1,0125       | 0,400          | 0,30375     |
| 21          | 0               | 0,1600734    | 1,006          | 0,04802201 | -8              | 0,095417093  | 1,303          | 0,028625128 | 4               | 0            | 0,000          | 0           |
| 22          | 0               | 0,8720883    | 0,431          | 0,2616265  | -4              | 3,780718336  | 0,207          | 1,134215501 | -8              | 0            | 0,000          | 0           |
| 23          | -1              | 0,0955637    | 1,302          | 0,02866912 | -13             | 0            | 0,000          | 0           | -4              | 4,009801738  | 0,201          | 1,202940521 |
| 24          | 2               | 0,2608931    | 0,788          | 0,07826793 | -6              | 0            | 0,000          | 0           | -13             | 0            | 0,000          | 0           |
| 25          | 0               | 0,1102833    | 1,212          | 0,03308499 | -6              | 0,160711735  | 1,004          | 0,04821352  | -2              | 0,110283306  | 1,212          | 0,033084992 |
| 26          | -1              | 0            | 0,000          | 0          | 5               | 0,04045953   | 2,001          | 0,012137859 | -7              | 0            | 0,000          | 0           |
| 27          | 0               | 0,078125     | 1,440          | 0,0234375  | -15             | 0            | 0,000          | 0           | -6              | 0,078125     | 1,440          | 0,0234375   |
| 28          | 1               | 0,1600734    | 1,006          | 0,04802201 | -2              | 0,078125     | 1,440          | 0,0234375   | -15             | 0,872088329  | 0,431          | 0,261626499 |
| 29          | -2              | 0,8720883    | 0,431          | 0,2616265  | -13             | 0,160073357  | 1,006          | 0,048022007 | 2               | 0,09556372   | 1,302          | 0,028669116 |
| 30          | 2               | 0,0955637    | 1,302          | 0,02866912 | -2              | 0,160711735  | 1,004          | 0,04821352  | 2               | 0,260893092  | 0,788          | 0,078267928 |

0,233333333 0,4342463 0,84883 0,1302739

0,558551794 0,887 0,167565538

0,45607189 0,78577 0,136821566

| profil 3 syarat 1/2 air lengan 30 |                 |              |                |             |                 |              |                |             |                |              |                |             |
|-----------------------------------|-----------------|--------------|----------------|-------------|-----------------|--------------|----------------|-------------|----------------|--------------|----------------|-------------|
| periode 3 s                       |                 |              |                |             | periode 7 s     |              |                |             | periode 10 s   |              |                |             |
| time (s)                          | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | torque S1 (Nm) |             | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | torque S1 (Nm) |             | delta h S1 (m) | force S1 (N) | torque S1 (Nm) |             |
| 1                                 | 4               | 0            | 0,000          | 0           | 3               | 0,909683071  | 0,422          | 0,272904921 | -4             | 0,260893092  | 0,788          | 0,078267928 |
| 2                                 | -4              | 0,110283     | 1,212          | 0,033084992 | -1              | 4,05         | 0,200          | 1,215       | 3              | 0,16039207   | 1,005          | 0,048117621 |
| 3                                 | 3               | 0            | 0,000          | 0           | 3               | 0,260893092  | 0,788          | 0,078267928 | -5             | 0,040419121  | 2,002          | 0,012125736 |
| 4                                 | -4              | 0,078125     | 1,440          | 0,0234375   | -3              | 0,16039207   | 1,005          | 0,048117621 | 0              | 0,160711735  | 1,004          | 0,04821352  |
| 5                                 | 3               | 0,160073     | 1,006          | 0,048022007 | 1               | 0,040419121  | 2,002          | 0,012125736 | -1             | 0,04045953   | 2,001          | 0,012137859 |
| 6                                 | -5              | 0,872088     | 0,431          | 0,261626499 | -1              | 0,160711735  | 1,004          | 0,04821352  | 1              | 0            | 0,000          | 0           |
| 7                                 | 0               | 0,095564     | 1,302          | 0,028669116 | 0               | 0,04045953   | 2,001          | 0,012137859 | 2              | 0,110283306  | 1,212          | 0,033084992 |
| 8                                 | -1              | 0,095417     | 1,303          | 0,028625128 | -1              | 0            | 0,000          | 0           | -2             | 0            | 0,000          | 0           |
| 9                                 | 1               | 0,095564     | 1,302          | 0,028669116 | 1               | 0,110283306  | 1,212          | 0,033084992 | 0              | 0,078125     | 1,440          | 0,0234375   |
| 10                                | 2               | 0,095417     | 1,303          | 0,028625128 | 0               | 0            | 0,000          | 0           | -2             | 0,160073357  | 1,006          | 0,048022007 |
| 11                                | -2              | 0,909683     | 0,422          | 0,272904921 | 3               | 0,078125     | 1,440          | 0,0234375   | 0              | 0,872088329  | 0,431          | 0,261626499 |
| 12                                | 0               | 4,05         | 0,200          | 1,215       | -1              | 0,160073357  | 1,006          | 0,048022007 | 3              | 0,09556372   | 1,302          | 0,028669116 |
| 13                                | -2              | 0,095564     | 1,302          | 0,028669116 | 1               | 0,872088329  | 0,431          | 0,261626499 | -2             | 0,095417093  | 1,303          | 0,028625128 |
| 14                                | 0               | 0,095417     | 1,303          | 0,028625128 | 2               | 0,09556372   | 1,302          | 0,028669116 | 1              | 4,05         | 0,200          | 1,215       |
| 15                                | 3               | 3,780718     | 0,207          | 1,134215501 | -1              | 0,095417093  | 1,303          | 0,028625128 | -4             | 0,09556372   | 1,302          | 0,028669116 |
| 16                                | -2              | 0            | 0,000          | 0           | 1               | 0,09556372   | 1,302          | 0,028669116 | -2             | 0,095417093  | 1,303          | 0,028625128 |
| 17                                | 1               | 0            | 0,000          | 0           | 2               | 0,095417093  | 1,303          | 0,028625128 | -2             | 3,780718336  | 0,207          | 1,134215501 |
| 18                                | -4              | 0,160712     | 1,004          | 0,04821352  | -2              | 0,909683071  | 0,422          | 0,272904921 | 4              | 0            | 0,000          | 0           |
| 19                                | -2              | 0,078125     | 1,440          | 0,0234375   | 0               | 4,05         | 0,200          | 1,215       | -4             | 0            | 0,000          | 0           |
| 20                                | -2              | 0,160073     | 1,006          | 0,048022007 | -2              | 0,09556372   | 1,302          | 0,028669116 | 3              | 0,160711735  | 1,004          | 0,04821352  |
| 21                                | -2              | 0,872088     | 0,431          | 0,261626499 | 1               | 0,095417093  | 1,303          | 0,028625128 | -4             | 0,078125     | 1,440          | 0,0234375   |
| 22                                | -2              | 0,095564     | 1,302          | 0,028669116 | -2              | 3,780718336  | 0,207          | 1,134215501 | 3              | 0,160073357  | 1,006          | 0,048022007 |
| 23                                | -2              | 0,095417     | 1,303          | 0,028625128 | 3               | 0            | 0,000          | 0           | -5             | 0,872088329  | 0,431          | 0,261626499 |
| 24                                | -2              | 0,095564     | 1,302          | 0,028669116 | -5              | 0            | 0,000          | 0           | 0              | 0,09556372   | 1,302          | 0,028669116 |
| 25                                | -2              | 0,095417     | 1,303          | 0,028625128 | 0               | 0,160711735  | 1,004          | 0,04821352  | -1             | 0,095417093  | 1,303          | 0,028625128 |
| 26                                | -2              | 0,909683     | 0,422          | 0,272904921 | -1              | 0,04045953   | 2,001          | 0,012137859 | 1              | 0,09556372   | 1,302          | 0,028669116 |
| 27                                | -2              | 4,05         | 0,200          | 1,215       | 1               | 0            | 0,000          | 0           | -2             | 0,095417093  | 1,303          | 0,028625128 |
| 28                                | -2              | 0,095564     | 1,302          | 0,028669116 | 2               | 0,078125     | 1,440          | 0,0234375   | 1              | 4,05         | 0,200          | 1,215       |
| 29                                | -2              | 0,160073     | 1,006          | 0,048022007 | -2              | 0,160073357  | 1,006          | 0,048022007 | -4             | 0,09556372   | 1,302          | 0,028669116 |
| 30                                | -2              | 0,872088     | 0,431          | 0,261626499 | 0               | 0,160711735  | 1,004          | 0,04821352  | -2             | 0,095417093  | 1,303          | 0,028625128 |

0,60914 0,8395 0,18274282

0,558551794 0,887 0,167565538

0,533002212 0,94673 0,159900664



profil 3 syarat 3/4 air lengan 30

| periode 3 s |                 |              |       |                | periode 7 s    |              |       |                | periode 10 s   |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|----------------|--------------|-------|----------------|----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) |       | torque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) |       | torque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) |       | torque S1 (Nm) |
| 1           | 4               | 0,160711735  | 1,004 | 0,04821352     | -4             | 0,09556372   | 1,302 | 0,028669116    | 1              | 0,040419121  | 2,002 | 0,012125736    |
| 2           | -4              | 0,04045953   | 2,001 | 0,012137859    | 3              | 0,095417093  | 1,303 | 0,028625128    | 2              | 0,160711735  | 1,004 | 0,04821352     |
| 3           | 3               | 0            | 0,000 | 0              | -5             | 3,780718336  | 0,207 | 1,134215501    | -2             | 0,04045953   | 2,001 | 0,012137859    |
| 4           | -4              | 0,110283306  | 1,212 | 0,033084992    | 0              | 0            | 0,000 | 0              | 0              | 1,0125       | 0,400 | 0,30375        |
| 5           | 3               | 0            | 0,000 | 0              | -1             | 0            | 0,000 | 0              | -2             | 0            | 0,000 | 0              |
| 6           | -5              | 0,078125     | 1,440 | 0,0234375      | 1              | 0,160711735  | 1,004 | 0,04821352     | 0              | 0            | 0,000 | 0              |
| 7           | 0               | 0,160073357  | 1,006 | 0,048022007    | 2              | 0,04045953   | 2,001 | 0,012137859    | 3              | 4,009801738  | 0,201 | 1,202940521    |
| 8           | -1              | 0,872088329  | 0,431 | 0,261626499    | -2             | 0,082535112  | 1,401 | 0,024760534    | -2             | 0            | 0,000 | 0              |
| 9           | 1               | 0,09556372   | 1,302 | 0,028669116    | 0              | 0,095710684  | 1,301 | 0,028713205    | 1              | 0,110283306  | 1,212 | 0,033084992    |
| 10          | 2               | 0,095417093  | 1,303 | 0,028625128    | -2             | 0,160073357  | 1,006 | 0,048022007    | -4             | 0            | 0,000 | 0              |
| 11          | -2              | 0,09556372   | 1,302 | 0,028669116    | 0              | 0,16039207   | 1,005 | 0,048117621    | -2             | 0,078125     | 1,440 | 0,0234375      |
| 12          | 0               | 0,095417093  | 1,303 | 0,028625128    | 3              | 0,040419121  | 2,002 | 0,012125736    | -2             | 0,160073357  | 1,006 | 0,048022007    |
| 13          | -2              | 0,909683071  | 0,422 | 0,272904921    | -2             | 0,160711735  | 1,004 | 0,04821352     | 0              | 0,872088329  | 0,431 | 0,261626499    |
| 14          | 0               | 4,05         | 0,200 | 1,215          | 1              | 0,04045953   | 2,001 | 0,012137859    | -1             | 0,09556372   | 1,302 | 0,028669116    |
| 15          | 3               | 0,09556372   | 1,302 | 0,028669116    | -4             | 0,160711735  | 1,004 | 0,04821352     | 1              | 0,260893092  | 0,788 | 0,078267928    |
| 16          | -2              | 0,095417093  | 1,303 | 0,028625128    | -2             | 0,04045953   | 2,001 | 0,012137859    | 2              | 0,16039207   | 1,005 | 0,048117621    |
| 17          | 1               | 3,780718336  | 0,207 | 1,134215501    | -2             | 0,082535112  | 1,401 | 0,024760534    | -2             | 0,040419121  | 2,002 | 0,012125736    |
| 18          | -4              | 0            | 0,000 | 0              | 4              | 0,095710684  | 1,301 | 0,028713205    | 0              | 0,160711735  | 1,004 | 0,04821352     |
| 19          | -2              | 0            | 0,000 | 0              | -4             | 0,160073357  | 1,006 | 0,048022007    | -2             | 0,04045953   | 2,001 | 0,012137859    |
| 20          | -2              | 0,160711735  | 1,004 | 0,04821352     | 3              | 0            | 0,000 | 0              | 0              | 1,0125       | 0,400 | 0,30375        |
| 21          | -2              | 0,04045953   | 2,001 | 0,012137859    | -4             | 0            | 0,000 | 0              | -2             | 0            | 0,000 | 0              |
| 22          | -2              | 0            | 0,000 | 0              | 3              | 0            | 0,000 | 0              | 0              | 0            | 0,000 | 0              |
| 23          | -2              | 0,078125     | 1,440 | 0,0234375      | -5             | 0,082535112  | 1,401 | 0,024760534    | -1             | 4,009801738  | 0,201 | 1,202940521    |
| 24          | -2              | 0,160073357  | 1,006 | 0,048022007    | 0              | 0,095710684  | 1,301 | 0,028713205    | 1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 25          | -2              | 0,872088329  | 0,431 | 0,261626499    | -1             | 0,160073357  | 1,006 | 0,048022007    | 2              | 0,110283306  | 1,212 | 0,033084992    |
| 26          | -2              | 0,09556372   | 1,302 | 0,028669116    | 1              | 0            | 0,000 | 0              | -2             | 0            | 0,000 | 0              |
| 27          | -2              | 0,095417093  | 1,303 | 0,028625128    | -2             | 0            | 0,000 | 0              | 0              | 0,078125     | 1,440 | 0,0234375      |
| 28          | -2              | 4,05         | 0,200 | 1,215          | 1              | 0,04045953   | 2,001 | 0,012137859    | 0              | 0,872088329  | 0,431 | 0,261626499    |
| 29          | -2              | 0,160073357  | 1,006 | 0,048022007    | -4             | 0,082535112  | 1,401 | 0,024760534    | -1             | 0,09556372   | 1,302 | 0,028669116    |
| 30          | -2              | 0,872088329  | 0,431 | 0,261626499    | -2             | 0,095710684  | 1,301 | 0,028713205    | 1              | 0,260893092  | 0,788 | 0,078267928    |

-1,033333 0,577322852 0,86206667 0,173196856

0,200322897 1,022033 0,060096869

0,456071886 0,78577 0,136821566

profil 1 syarat kosong lengan 25

| periode 3 s |                |              |       |                | periode 7 s    |              |       |                | periode 10 s   |              |       |                |
|-------------|----------------|--------------|-------|----------------|----------------|--------------|-------|----------------|----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s) | torque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s) | torque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s) | torque S1 (Nm) |
| 1           | 4              | 0,091146     | 1,440 | 0,022786458    | 0              | 0,096291     | 1,401 | 0,024073       | 3              | 0,134366     | 1,004 | 0,03359154     |
| 2           | -4             | 0,186752     | 1,006 | 0,046688062    | 0              | 0,111662     | 1,301 | 0,027916       | -5             | 0,0726       | 2,001 | 0,01815003     |
| 3           | 3              | 1,017436     | 0,431 | 0,254359096    | 0              | 0,186752     | 1,006 | 0,046688       | 0              | 0,134099     | 1,401 | 0,03352476     |
| 4           | -4             | 0,111491     | 1,302 | 0,027872752    | -1             | 0            | 0,000 | 0              | -1             | 0            | 1,301 | 0              |
| 5           | 3              | 0,11132      | 1,303 | 0,027829986    | 1              | 0            | 0,000 | 0              | 1              | 0            | 1,006 | 0              |
| 6           | -5             | 4,410838     | 0,207 | 1,102709515    | 0              | 0,047156     | 2,002 | 0,011789       | 2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 7           | 0              | 0            | 0,000 | 0              | 3              | 0,187497     | 1,004 | 0,046874       | -2             | 0            | 0,000 | 0              |
| 8           | -1             | 0            | 0,000 | 0              | -1             | 0,047203     | 2,001 | 0,011801       | 0              | 0,047179     | 2,002 | 0,0117948      |
| 9           | 1              | 0,096291     | 1,401 | 0,024072741    | 1              | 1,18125      | 0,400 | 0,295313       | -2             | 0,470618     | 1,004 | 0,11765438     |
| 10          | 2              | 0,111662     | 1,301 | 0,027915616    | 2              | 0            | 0,000 | 0              | 0              | 0            | 2,001 | 0              |
| 11          | -2             | 0,186752     | 1,006 | 0,046688062    | 1              | 0            | 0,000 | 0              | 3              | 0            | 0,400 | 0              |
| 12          | 0              | 0            | 0,000 | 0              | -1             | 4,678102     | 0,201 | 1,169526       | -2             | 0            | 0,000 | 0              |
| 13          | -2             | 0            | 0,000 | 0              | 0              | 0            | 0,000 | 0              | 1              | 0            | 1,440 | 0              |
| 14          | 0              | 0            | 0,000 | 0              | 0              | 0,128664     | 1,212 | 0,032166       | -4             | 0,155011     | 1,006 | 0,03875263     |
| 15          | 3              | 0,14492      | 1,142 | 0,036230106    | -2             | 0            | 0,000 | 0              | 2              | 0            | 0,431 | 0              |
| 16          | -2             | 0            | 0,000 | 0              | 0              | 0,091146     | 1,440 | 0,022786       | 1              | 0,100806     | 1,302 | 0,02520161     |
| 17          | 1              | 0,047203     | 2,001 | 0,011800696    | 0              | 0,186752     | 1,006 | 0,046688       | -1             | 0,144185     | 1,303 | 0,03604619     |
| 18          | -4             | 1,18125      | 0,400 | 0,2953125      | -1             | 1,017436     | 0,431 | 0,254359       | 0              | 2,11843      | 0,207 | 0,52960759     |
| 19          | -2             | 0            | 0,000 | 0              | 2              | 0,111491     | 1,302 | 0,027873       | 0              | 0            | 0,000 | 0              |
| 20          | -2             | 0            | 0,000 | 0              | 0              | 0,11132      | 1,303 | 0,02783        | -2             | 0            | 0,000 | 0              |
| 21          | -2             | 4,678102     | 0,201 | 1,169525507    | -1             | 4,410838     | 0,207 | 1,10271        | 0              | 0            | 0,000 | 0              |
| 22          | -2             | 0            | 0,000 | 0              | 0              | 1,017436     | 0,431 | 0,254359       | 0              | 2,181667     | 0,201 | 0,54541677     |
| 23          | -2             | 0,128664     | 1,212 | 0,032165964    | 1              | 0            | 0,000 | 0              | -1             | 0            | 0,000 | 0              |
| 24          | -2             | 0            | 0,000 | 0              | -2             | 0,091146     | 1,440 | 0,022786       | 2              | 0,108292     | 1,212 | 0,02707302     |
| 25          | -2             | 0,091146     | 1,440 | 0,022786458    | 2              | 0,186752     | 1,006 | 0,046688       | 0              | 0            | 0,000 | 0              |
| 26          | -2             | 0,186752     | 1,006 | 0,046688062    | -2             | 1,017436     | 0,431 | 0,254359       | 1              | 0,304524     | 1,440 | 0,07613109     |
| 27          | -2             | 1,017436     | 0,431 | 0,254359096    | 3              | 0,111491     | 1,302 | 0,027873       | -1             | 0,144296     | 1,006 | 0,03607388     |
| 28          | -2             | 0,111491     | 1,302 | 0,027872752    | -5             | 0,11132      | 1,303 | 0,02783        | 0              | 0,336543     | 0,431 | 0,08413566     |
| 29          | -2             | 0,11132      | 1,303 | 0,027829986    | 0              | 4,410838     | 0,207 | 1,10271        | 0              | 0,701262     | 1,302 | 0,17531557     |
| 30          | -2             | 0,186752     | 1,006 | 0,046688062    | -1             | 1,017436     | 0,431 | 0,254359       | 1              | 0,336543     | 1,303 | 0,08413566     |

0,47362 0,6947 0,11840605

0,68525 0,75893 0,17131

0,24968 0,82347 0,0624202



| profil 1 syarat 1/4 air lengan 25 |              |              |         |              |                |              |         |              |                |              |       |              |         |         |
|-----------------------------------|--------------|--------------|---------|--------------|----------------|--------------|---------|--------------|----------------|--------------|-------|--------------|---------|---------|
| periode 3 s                       |              |              |         |              | periode 7 s    |              |         |              |                | periode 10 s |       |              |         |         |
| time (s)                          | lta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s)   | rque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s)   | rque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s) | rque S1 (Nm) |         |         |
| 1                                 | 4            | 0,047203     | 2,001   | 0,011801     | -4             | 0,187124     | 1,005   | 0,046781     | 1              | 0,187124     | 1,005 | 0,046781     |         |         |
| 2                                 | -4           | 0,096291     | 1,401   | 0,024073     | 3              | 0,047156     | 2,002   | 0,011789     | 2              | 0,047156     | 2,002 | 0,011789     |         |         |
| 3                                 | 3            | 0,111662     | 1,301   | 0,027916     | -5             | 0,187497     | 1,004   | 0,046874     | -2             | 0,187497     | 1,004 | 0,046874     |         |         |
| 4                                 | -4           | 0,186752     | 1,006   | 0,046688     | 0              | 0,047203     | 2,001   | 0,011801     | 0              | 0,047203     | 2,001 | 0,011801     |         |         |
| 5                                 | 3            | 0            | 0,000   | 0            | -1             | 0            | 0,000   | 0            | -2             | 0,187497     | 1,004 | 0,046874     |         |         |
| 6                                 | -5           | 0            | 0,000   | 0            | 1              | 0,128664     | 1,212   | 0,032166     | 0              | 0,047203     | 2,001 | 0,011801     |         |         |
| 7                                 | 0            | 0,047156     | 2,002   | 0,011789     | 2              | 0            | 0,000   | 0            | 3              | 0,096291     | 1,401 | 0,024073     |         |         |
| 8                                 | -1           | 0,187497     | 1,004   | 0,046874     | -2             | 0,091146     | 1,440   | 0,022786     | -2             | 0,111662     | 1,301 | 0,027916     |         |         |
| 9                                 | 1            | 0,047203     | 2,001   | 0,011801     | 0              | 0,186752     | 1,006   | 0,046688     | 1              | 0,186752     | 1,006 | 0,046688     |         |         |
| 10                                | 2            | 1,18125      | 0,400   | 0,295313     | -2             | 1,017436     | 0,431   | 0,254359     | -4             | 0            | 0,000 | 0            |         |         |
| 11                                | -2           | 0            | 0,000   | 0            | 0              | 0,111491     | 1,302   | 0,027873     | -2             | 0            | 0,000 | 0            |         |         |
| 12                                | 0            | 0,047156     | 2,002   | 0,011789     | 3              | 0,11132      | 1,303   | 0,02783      | -5             | 0            | 0,000 | 0            |         |         |
| 13                                | -2           | 0,187497     | 1,004   | 0,046874     | -2             | 0,111491     | 1,302   | 0,027873     | 0              | 0,096291     | 1,401 | 0,024073     |         |         |
| 14                                | 0            | 0,047203     | 2,001   | 0,011801     | 1              | 0,11132      | 1,303   | 0,02783      | -1             | 0,111662     | 1,301 | 0,027916     |         |         |
| 15                                | 3            | 1,18125      | 0,400   | 0,295313     | -4             | 1,061297     | 0,422   | 0,265324     | 1              | 0,186752     | 1,006 | 0,046688     |         |         |
| 16                                | -2           | 0,186752     | 1,006   | 0,046688     | -2             | 4,725        | 0,200   | 1,18125      | 2              | 0,047203     | 2,001 | 0,011801     |         |         |
| 17                                | 1            | 0            | 0,000   | 0            | -2             | 0,304375     | 0,788   | 0,076094     | -2             | 0,187497     | 1,004 | 0,046874     |         |         |
| 18                                | -4           | 0            | 0,000   | 0            | 4              | 0,187124     | 1,005   | 0,046781     | 0              | 0,047203     | 2,001 | 0,011801     |         |         |
| 19                                | -2           | 0,047156     | 2,002   | 0,011789     | -4             | 0,11132      | 1,303   | 0,02783      | -2             | 0,096291     | 1,401 | 0,024073     |         |         |
| 20                                | -2           | 0,187497     | 1,004   | 0,046874     | 3              | 4,410838     | 0,207   | 1,10271      | 0              | 0,111662     | 1,301 | 0,027916     |         |         |
| 21                                | -2           | 0,047203     | 2,001   | 0,011801     | -4             | 1,061297     | 0,422   | 0,265324     | 3              | 0,186752     | 1,006 | 0,046688     |         |         |
| 22                                | -2           | 1,18125      | 0,400   | 0,295313     | 3              | 4,725        | 0,200   | 1,18125      | -2             | 0            | 0,000 | 0            |         |         |
| 23                                | -2           | 0            | 0,000   | 0            | -5             | 0,187124     | 1,005   | 0,046781     | 1              | 0            | 0,000 | 0            |         |         |
| 24                                | -2           | 0,111491     | 1,302   | 0,027873     | 0              | 0,111662     | 1,301   | 0,027916     | -4             | 0            | 0,000 | 0            |         |         |
| 25                                | -2           | 0,11132      | 1,303   | 0,02783      | -1             | 0,186752     | 1,006   | 0,046688     | -2             | 0,096291     | 1,401 | 0,024073     |         |         |
| 26                                | -2           | 4,410838     | 0,207   | 1,10271      | 1              | 0,187124     | 1,005   | 0,046781     | -2             | 0,111662     | 1,301 | 0,027916     |         |         |
| 27                                | -2           | 4,678102     | 0,201   | 1,169526     | -2             | 0,047156     | 2,002   | 0,011789     | 0              | 0,186752     | 1,006 | 0,046688     |         |         |
| 28                                | -2           | 0            | 0,000   | 0            | 1              | 0,187497     | 1,004   | 0,046874     | 3              | 0            | 0,000 | 0            |         |         |
| 29                                | -2           | 0,128664     | 1,212   | 0,032166     | -4             | 0,047203     | 2,001   | 0,011801     | -2             | 0            | 0,000 | 0            |         |         |
| 30                                | -2           | 0            | 0,000   | 0            | -2             | 0            | 0,000   | 0            | 1              | 0,047156     | 2,002 | 0,011789     |         |         |
|                                   |              | 0,48195      | 0,90537 | 0,12049      |                |              | 0,66265 | 0,97273      | 0,16566        |              |       | 0,08705      | 1,02857 | 0,02176 |

| profil 1 syarat 1/2 air lengan 25 |                |              |       |               |                |              |       |               |                |              |       |               |                |              |       |               |
|-----------------------------------|----------------|--------------|-------|---------------|----------------|--------------|-------|---------------|----------------|--------------|-------|---------------|----------------|--------------|-------|---------------|
| periode 3 s                       |                |              |       |               | periode 7 s    |              |       |               |                | periode 10 s |       |               |                |              |       |               |
| time (s)                          | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s) | orque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s) | orque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s) | orque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s) | orque S1 (Nm) |
| 1                                 | 1              | 0,047156     | 2,002 | 0,011789      | -1             | 0,091146     | 1,440 | 0,022786      | -2             | 0,187124     | 1,005 | 0,046781      | -2             | 0,187124     | 1,005 | 0,046781      |
| 2                                 | -4             | 0,187497     | 1,004 | 0,046874      | -2             | 0,186752     | 1,006 | 0,046688      | -4             | 0,047156     | 2,002 | 0,011789      | -4             | 0,047156     | 2,002 | 0,011789      |
| 3                                 | -2             | 0,047203     | 2,001 | 0,011801      | -1             | 1,017436     | 0,431 | 0,254359      | 0              | 0,187497     | 1,004 | 0,046874      | 0              | 0,187497     | 1,004 | 0,046874      |
| 4                                 | -2             | 0            | 0,000 | 0             | -2             | 0,111491     | 1,302 | 0,027873      | -6             | 0,047203     | 2,001 | 0,011801      | -6             | 0,047203     | 2,001 | 0,011801      |
| 5                                 | -2             | 0,128664     | 1,212 | 0,032166      | -1             | 0,11132      | 1,303 | 0,02783       | -4             | 0,187497     | 1,004 | 0,046874      | -4             | 0,187497     | 1,004 | 0,046874      |
| 6                                 | -2             | 0            | 0,000 | 0             | -2             | 4,410838     | 0,207 | 1,10271       | -3             | 0,047203     | 2,001 | 0,011801      | -3             | 0,047203     | 2,001 | 0,011801      |
| 7                                 | -2             | 0,091146     | 1,440 | 0,022786      | 2              | 0            | 0,000 | 0             | -4             | 0,096291     | 1,401 | 0,024073      | -4             | 0,096291     | 1,401 | 0,024073      |
| 8                                 | -1             | 0,186752     | 1,006 | 0,046688      | -2             | 0            | 0,000 | 0             | -3             | 0,111662     | 1,301 | 0,027916      | -3             | 0,111662     | 1,301 | 0,027916      |
| 9                                 | 1              | 1,017436     | 0,431 | 0,254359      | -3             | 0,096291     | 1,401 | 0,024073      | -3             | 0,186752     | 1,006 | 0,046688      | -3             | 0,186752     | 1,006 | 0,046688      |
| 10                                | 2              | 0,111491     | 1,302 | 0,027873      | -3             | 0,111662     | 1,301 | 0,027916      | -3             | 0            | 0,000 | 0             | -3             | 0            | 0,000 | 0             |
| 11                                | -2             | 0,11132      | 1,303 | 0,02783       | 0              | 0,186752     | 1,006 | 0,046688      | -4             | 0            | 0,000 | 0             | -4             | 0            | 0,000 | 0             |
| 12                                | 0              | 4,410838     | 0,207 | 1,10271       | -2             | 0            | 0,000 | 0             | -3             | 0            | 0,000 | 0             | -3             | 0            | 0,000 | 0             |
| 13                                | -2             | 0            | 0,000 | 0             | -1             | 0            | 0,000 | 0             | -3             | 0,096291     | 1,401 | 0,024073      | -3             | 0,096291     | 1,401 | 0,024073      |
| 14                                | 0              | 0            | 0,000 | 0             | -2             | 0,096291     | 1,401 | 0,024073      | -2             | 0,111662     | 1,301 | 0,027916      | -2             | 0,111662     | 1,301 | 0,027916      |
| 15                                | 3              | 0,096291     | 1,401 | 0,024073      | 2              | 0            | 0,000 | 0             | -2             | 0,186752     | 1,006 | 0,046688      | -2             | 0,186752     | 1,006 | 0,046688      |
| 16                                | -2             | 0,111662     | 1,301 | 0,027916      | -2             | 0            | 0,000 | 0             | -4             | 0,047203     | 2,001 | 0,011801      | -4             | 0,047203     | 2,001 | 0,011801      |
| 17                                | 1              | 0,186752     | 1,006 | 0,046688      | -3             | 4,678102     | 0,201 | 1,169526      | -3             | 0,187497     | 1,004 | 0,046874      | -3             | 0,187497     | 1,004 | 0,046874      |
| 18                                | -4             | 0            | 0,000 | 0             | -3             | 0            | 0,000 | 0             | -6             | 0,047203     | 2,001 | 0,011801      | -6             | 0,047203     | 2,001 | 0,011801      |
| 19                                | -2             | 0            | 0,000 | 0             | 0              | 0,047156     | 2,002 | 0,011789      | -5             | 0,096291     | 1,401 | 0,024073      | -5             | 0,096291     | 1,401 | 0,024073      |
| 20                                | -2             | 0,096291     | 1,401 | 0,024073      | -2             | 0,187497     | 1,004 | 0,046874      | -15            | 0,111662     | 1,301 | 0,027916      | -15            | 0,111662     | 1,301 | 0,027916      |
| 21                                | -2             | 0            | 0,000 | 0             | -1             | 0,047203     | 2,001 | 0,011801      | -2             | 0,186752     | 1,006 | 0,046688      | -2             | 0,186752     | 1,006 | 0,046688      |
| 22                                | -2             | 0            | 0,000 | 0             | -2             | 0            | 0,000 | 0             | -4             | 0            | 0,000 | 0             | -4             | 0            | 0,000 | 0             |
| 23                                | -2             | 4,678102     | 0,201 | 1,169526      | -2             | 0,128664     | 1,212 | 0,032166      | 0              | 0            | 0,000 | 0             | 0              | 0            | 0,000 | 0             |
| 24                                | -2             | 0            | 0,000 | 0             | -1             | 0            | 0,000 | 0             | -6             | 0            | 0,000 | 0             | -6             | 0            | 0,000 | 0             |
| 25                                | -2             | 0,128664     | 1,212 | 0,032166      | 0              | 0,091146     | 1,440 | 0,022786      | -4             | 0,096291     | 1,401 | 0,024073      | -4             | 0,096291     | 1,401 | 0,024073      |
| 26                                | -2             | 0            | 0,000 | 0             | -1             | 0,186752     | 1,006 | 0,046688      | -3             | 0,111662     | 1,301 | 0,027916      | -3             | 0,111662     | 1,301 | 0,027916      |
| 27                                | -2             | 0,091146     | 1,440 | 0,022786      | 2              | 1,017436     | 0,431 | 0,254359      | 0              | 0,186752     | 1,006 | 0,046688      | 0              | 0,186752     | 1,006 | 0,046688      |
| 28                                | -2             | 0,186752     | 1,006 | 0,046688      | -2             | 0,111491     | 1,302 | 0,027873      | -2             | 0            | 0,000 | 0             | -2             | 0            | 0,000 | 0             |
| 29                                | -2             | 1,017436     | 0,431 | 0,254359      | -2             | 0,11132      | 1,303 | 0,02783       | -4             | 0            | 0,000 | 0             | -4             | 0            | 0,000 | 0             |
| 30                                | -2             | 0,111491     | 1,302 | 0,027873      | -2             | 0            | 0,207 | 0             | -3             | 0,047156     | 2,002 | 0,011789      | -3             | 0,047156     | 2,002 | 0,011789      |

0,4348 0,75363 0,1087

0,43422 0,76357 0,10856

0,08705 1,02857 0,02176

| profil 1 syarat 3/4 air lengan 25 |              |              |       |              |                         |              |       |              |                |                           |       |                |  |  |
|-----------------------------------|--------------|--------------|-------|--------------|-------------------------|--------------|-------|--------------|----------------|---------------------------|-------|----------------|--|--|
| periode 3 s                       |              |              |       |              | periode 7 s             |              |       |              |                | periode 10 s              |       |                |  |  |
| time (s)                          | lta h S1 (m) | force S1 (N) | t (s) | rque S1 (Nm) | delta h S1 (m)          | force S1 (N) | t (s) | rque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N)              | t (s) | torque S1 (Nm) |  |  |
| 1                                 | 4            | 1,061297     | 0,422 | 0,265324     | -5                      | 0,144328     | 1,005 | 0,036082     | -4             | 0,091146                  | 1,440 | 0,02278646     |  |  |
| 2                                 | -4           | 4,725        | 0,200 | 1,18125      | -5                      | 0,456066     | 2,002 | 0,114016     | -6             | 0,186752                  | 1,006 | 0,04668806     |  |  |
| 3                                 | 3            | 0,304375     | 0,788 | 0,076094     | -6                      | 0            | 1,004 | 0            | -6             | 1,017436                  | 0,431 | 0,2543591      |  |  |
| 4                                 | -4           | 0,187124     | 1,005 | 0,046781     | -5                      | 0            | 2,001 | 0            | -11            | 0,111491                  | 1,302 | 0,02787275     |  |  |
| 5                                 | 3            | 0,047156     | 2,002 | 0,011789     | -6                      | 0            | 0,000 | 0            | -15            | 0,11132                   | 1,303 | 0,02782999     |  |  |
| 6                                 | -5           | 0,187497     | 1,004 | 0,046874     | -6                      | 0,119862     | 1,212 | 0,029966     | -8             | 4,410838                  | 0,207 | 1,10270951     |  |  |
| 7                                 | 0            | 0,047203     | 2,001 | 0,011801     | -6                      | 0            | 0,000 | 0            | -4             | 0                         | 0,000 | 0              |  |  |
| 8                                 | -1           | 0            | 0,000 | 0            | -4                      | 0            | 1,440 | 0            | -4             | 0                         | 0,000 | 0              |  |  |
| 9                                 | 1            | 0,128664     | 1,212 | 0,032166     | -6                      | 0            | 1,006 | 0            | -15            | 0,096291                  | 1,401 | 0,02407274     |  |  |
| 10                                | 2            | 0            | 0,000 | 0            | -6                      | 0,219039     | 0,431 | 0,05476      | -5             | 0,111662                  | 1,301 | 0,02791562     |  |  |
| 11                                | -2           | 0,091146     | 1,440 | 0,022786     | -11                     | 0,144583     | 1,302 | 0,036146     | -5             | 0,186752                  | 1,006 | 0,04668806     |  |  |
| 12                                | 0            | 0,186752     | 1,006 | 0,046688     | -15                     | 0,072489     | 1,303 | 0,018122     | -6             | 0                         | 0,000 | 0              |  |  |
| 13                                | -2           | 1,017436     | 0,431 | 0,254359     | -8                      | 0,362903     | 1,302 | 0,090726     | -5             | 0                         | 0,000 | 0              |  |  |
| 14                                | 0            | 0,111491     | 1,302 | 0,027873     | -4                      | 0            | 1,303 | 0            | -6             | 0                         | 0,000 | 0              |  |  |
| 15                                | 3            | 0,11132      | 1,303 | 0,02783      | -4                      | 0            | 0,422 | 0            | -6             | 0,14492                   | 1,142 | 0,03623011     |  |  |
| 16                                | -2           | 0,111491     | 1,302 | 0,027873     | -15                     | 4,701493     | 0,200 | 1,175373     | -6             | 0                         | 0,000 | 0              |  |  |
| 17                                | 1            | 0,11132      | 1,303 | 0,02783      | -2                      | 0            | 0,788 | 0            | -4             | 0,047203                  | 2,001 | 0,0118007      |  |  |
| 18                                | -4           | 1,061297     | 0,422 | 0,265324     | -15                     | 0,155165     | 1,005 | 0,038791     | -6             | 1,18125                   | 0,400 | 0,2953125      |  |  |
| 19                                | -2           | 4,725        | 0,200 | 1,18125      | -2                      | 0            | 1,303 | 0            | -6             | 0                         | 0,000 | 0              |  |  |
| 20                                | -2           | 0,111491     | 1,302 | 0,027873     | -15                     | 0,634058     | 0,207 | 0,158514     | -11            | 0                         | 0,000 | 0              |  |  |
| 21                                | -2           | 0,11132      | 1,303 | 0,02783      | -4                      | 0,445196     | 0,422 | 0,111299     | -15            | 4,678102                  | 0,201 | 1,16952551     |  |  |
| 22                                | -2           | 4,410838     | 0,207 | 1,10271      | -8                      | 2,192575     | 0,200 | 0,548144     | -8             | 0                         | 0,000 | 0              |  |  |
| 23                                | -2           | 0            | 0,000 | 0            | 2                       | 0,144439     | 1,005 | 0,03611      | -4             | 0,128664                  | 1,212 | 0,03216596     |  |  |
| 24                                | -2           | 0            | 0,000 | 0            | -15                     | 0,111491     | 1,301 | 0,027873     | -4             | 0                         | 0,000 | 0              |  |  |
| 25                                | -2           | 0,187497     | 1,004 | 0,046874     | -9                      | 0,238417     | 1,006 | 0,059604     | -15            | 0,091146                  | 1,440 | 0,02278646     |  |  |
| 26                                | -2           | 0            | 0,000 | 0            | -15                     | 0            | 1,005 | 0            | -2             | 0,186752                  | 1,006 | 0,04668806     |  |  |
| 27                                | -2           | 0,128664     | 1,212 | 0,032166     | -5                      | 0,077892     | 2,002 | 0,019473     | -15            | 1,017436                  | 0,431 | 0,2543591      |  |  |
| 28                                | -2           | 0,186752     | 1,006 | 0,046688     | -15                     | 0            | 1,004 | 0            | -2             | 0,111491                  | 1,302 | 0,02787275     |  |  |
| 29                                | -2           | 1,017436     | 0,431 | 0,254359     | -2                      | 0,065592     | 2,001 | 0,016398     | -5             | 0,11132                   | 1,303 | 0,02782999     |  |  |
| 30                                | -2           | 0,128664     | 1,212 | 0,032166     | -15                     | 0,186938     | 1,005 | 0,046735     | -15            | 0,186752                  | 1,006 | 0,04668806     |  |  |
| 0,68327 0,834 0,17082             |              |              |       |              | 0,34908 1,00623 0,08727 |              |       |              |                | 0,47362 0,6947 0,11840603 |       |                |  |  |

0,68327 0,834 0,17082

0,34908 1,00623 0,08727

0,47362 0,6947 0,11840605



profil 2 syarat kosong lengan 25

| periode 3 s |                 |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1           | 1               | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    |
| 2           | -4              | 3,990758244  | 0,207 | 0,997689561    |
| 3           | -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 4           | 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| 5           | -5              | 0,087120396  | 1,401 | 0,021780099    |
| 6           | 0               | 0,101027945  | 1,301 | 0,025256986    |
| 7           | -1              | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 8           | 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 9           | 2               | 0            | 0,000 | 0              |
| 10          | -2              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 11          | 0               | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 12          | -2              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 13          | 1               | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      |
| 14          | 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 15          | 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 16          | 0               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 17          | 0               | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |
| 18          | 0               | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    |
| 19          | -1              | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    |
| 20          | 1               | 3,990758244  | 0,207 | 0,997689561    |
| 21          | 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 22          | 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| 23          | -1              | 0,087120396  | 1,401 | 0,021780099    |
| 24          | 1               | 0,101027945  | 1,301 | 0,025256986    |
| 25          | 2               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 26          | 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 27          | -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 28          | 1               | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 29          | 2               | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 30          | -2              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |

0,388877762

0,7863

0,097219441

| periode 7 s     |              |       |                |
|-----------------|--------------|-------|----------------|
| delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1               | 0,087120396  | 1,401 | 0,021780099    |
| -4              | 0,101027945  | 1,301 | 0,025256986    |
| -2              | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| -5              | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| -1              | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 1               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 2               | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      |
| -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 4,232568501  | 0,201 | 1,058142125    |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0,116410156  | 1,212 | 0,029102539    |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    |
| 0               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 0               | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |
| -1              | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    |
| 1               | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    |
| 0               | 3,990758244  | 0,207 | 0,997689561    |
| 3               | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |
| -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    |
| 2               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 1               | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |
| -1              | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    |
| 1               | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    |
| 2               | 3,990758244  | 0,207 | 0,997689561    |
| -2              | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |

0,619985584

0,7589333

0,154996396

| periode 10 s    |              |       |                |
|-----------------|--------------|-------|----------------|
| delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 2               | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |
| -2              | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    |
| 0               | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    |
| -2              | 3,990758244  | 0,207 | 0,997689561    |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 1               | 0,087120396  | 1,401 | 0,021780099    |
| 0               | 0,101027945  | 1,301 | 0,025256986    |
| 0               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 0               | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| -4              | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    |
| -2              | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 3               | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |
| -5              | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    |
| 0               | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    |
| -1              | 3,990758244  | 0,207 | 0,997689561    |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 2               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| -2              | 0,087120396  | 1,401 | 0,021780099    |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 0,116410156  | 1,212 | 0,029102539    |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    |
| 1               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 0               | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| -1              | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    |
| 1               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 0               | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 0               | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |

0,484531783

0,846966667

0,121132946

profil 2 syarat 1/4 air lengan 25

| periode 3 s |                 |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1           | 1               | 0,960221019  | 0,422 | 0,240055255    |
| 2           | 2               | 4,275        | 0,200 | 1,06875        |
| 3           | 0               | 0,275387152  | 0,788 | 0,068846788    |
| 4           | 2               | 0,16930274   | 1,005 | 0,042325685    |
| 5           | -1              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 6           | 3               | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 7           | -1              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 8           | 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| 9           | -1              | 0,116410156  | 1,212 | 0,029102539    |
| 10          | 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 11          | 1               | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    |
| 12          | 0               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 13          | 1               | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |
| 14          | -1              | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    |
| 15          | 1               | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    |
| 16          | -2              | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    |
| 17          | 4               | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    |
| 18          | 1               | 0,960221019  | 0,422 | 0,240055255    |
| 19          | 1               | 4,275        | 0,200 | 1,06875        |
| 20          | 2               | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    |
| 21          | -1              | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    |
| 22          | 3               | 3,990758244  | 0,207 | 0,997689561    |
| 23          | -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 24          | 2               | 0            | 0,000 | 0              |
| 25          | -2              | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 26          | 2               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 27          | -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 28          | 1               | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    |
| 29          | -1              | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 30          | 1               | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |

0,666667 0,589582449 0,887 0,147395612

| periode 7 s     |              |       |                |
|-----------------|--------------|-------|----------------|
| delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| -1              | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 0               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 1               | 0,087120396  | 1,401 | 0,021780099    |
| 2               | 0,101027945  | 1,301 | 0,025256986    |
| 1               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 1               | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 0               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 0               | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      |
| 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| -1              | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    |
| 1               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 0               | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |
| 1               | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    |
| 1               | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    |
| 1               | 3,990758244  | 0,207 | 0,997689561    |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 2               | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 4,232568501  | 0,201 | 1,058142125    |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 0,116410156  | 1,212 | 0,029102539    |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    |
| 2               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 3               | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |
| 1               | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    |
| 1               | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    |

0,432669379 0,823466667 0,108167345

| periode 10 s    |              |       |                |
|-----------------|--------------|-------|----------------|
| delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 0               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 2               | 0,087120396  | 1,401 | 0,021780099    |
| -1              | 0,101027945  | 1,301 | 0,025256986    |
| 3               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| -1              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 1               | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 1               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 0               | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| -1              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 1               | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| -2              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 4               | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 2               | 4,232568501  | 0,201 | 1,058142125    |
| -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 3               | 0,116410156  | 1,212 | 0,029102539    |
| -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 2               | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    |
| -2              | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 2               | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |
| -1              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 1               | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| -1              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 1               | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      |
| 2               | 0            | 0,000 | 0              |
| -1              | 0            | 0,000 | 0              |

0,329735203 0,874 0,08243801



| periode 3 s |                 |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1           | 2               | 0,087120396  | 1,401 | 0,021780099    |
| 2           | -1              | 0,101027945  | 1,301 | 0,025256986    |
| 3           | 3               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 4           | -1              | 0,16930274   | 1,005 | 0,042325685    |
| 5           | 3               | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 6           | -1              | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 7           | 1               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 8           | 1               | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 9           | 0               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 10          | 1               | 0,087120396  | 1,401 | 0,021780099    |
| 11          | -1              | 0,101027945  | 1,301 | 0,025256986    |
| 12          | 1               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 13          | -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 14          | 4               | 0            | 0,000 | 0              |
| 15          | -1              | 0            | 0,000 | 0              |
| 16          | 0               | 0,087120396  | 1,401 | 0,021780099    |
| 17          | 1               | 0,101027945  | 1,301 | 0,025256986    |
| 18          | 2               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 19          | 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| 20          | 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| 21          | 1               | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 22          | 1               | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 23          | 1               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 24          | 0               | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      |
| 25          | 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 26          | 1               | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 27          | 2               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 28          | -2              | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      |
| 29          | 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 30          | -2              | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    |

0,6      0,146511035      1,0131      0,036627759

| periode 7 s     |              |       |                |
|-----------------|--------------|-------|----------------|
| delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| -2              | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| -1              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| -2              | 0,087120396  | 1,401 | 0,021780099    |
| 0               | 0,101027945  | 1,301 | 0,025256986    |
| -1              | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| -1              | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 1               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| -2              | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    |
| 2               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| -2              | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |
| 1               | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    |
| 1               | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    |
| -1              | 3,990758244  | 0,207 | 0,997689561    |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| -1              | 4,232568501  | 0,201 | 1,058142125    |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0,116410156  | 1,212 | 0,029102539    |
| 2               | 0            | 0,000 | 0              |
| -3              | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    |
| 0               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 0               | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |
| 1               | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    |
| 0               | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    |

0,432669379      0,82347      0,108167345

| periode 10 s    |              |       |                |
|-----------------|--------------|-------|----------------|
| delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| -3              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 0               | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 1               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| -2              | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      |
| 1               | 0,275387152  | 0,788 | 0,068846788    |
| -1              | 0,16930274   | 1,005 | 0,042325685    |
| 0               | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| -2              | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 2               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 2               | 0,116410156  | 1,212 | 0,029102539    |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 2               | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    |
| 0               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| -2              | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |
| 0               | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    |
| 1               | 0,960221019  | 0,422 | 0,240055255    |
| 1               | 4,275        | 0,200 | 1,06875        |
| 2               | 0,275387152  | 0,788 | 0,068846788    |
| -4              | 0,16930274   | 1,005 | 0,042325685    |
| 3               | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| -2              | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 2               | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 2               | 0,116410156  | 1,212 | 0,029102539    |
| 1               | 0            | 0,000 | 0              |
| -1              | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    |
| 0               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 0               | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |
| -1              | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    |

0,357896384      1,0137      0,089474096

| periode 3 s |                 |              |       |                | profil 2 syarat 3/4 air lengan 25 |              |       |                | periode 7 s     |              |       |                | periode 10 s    |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|-----------------------------------|--------------|-------|----------------|-----------------|--------------|-------|----------------|-----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm)                   | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | t     | torque S1 (Nm) |
| 1           | 4               | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    | -6                                | 0,275387152  | 0,788 | 0,068846788    | -4              | 0,16930274   | 1,005 | 0,042325685    | -4              | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 2           | -4              | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     | -4                                | 0,16930274   | 1,005 | 0,042325685    | 1               | 0,16930274   | 1,005 | 0,042325685    | 1               | 0,16930274   | 1,005 | 0,042325685    |
| 3           | 3               | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     | -6                                | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    | -8              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    | -8              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 4           | -4              | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    | -6                                | 3,990758244  | 0,207 | 0,997689561    | -3              | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    | -3              | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 5           | 3               | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    | -11                               | 0,960221019  | 0,422 | 0,240055255    | -7              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    | -7              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 6           | -5              | 3,990758244  | 0,207 | 0,997689561    | -15                               | 4,275        | 0,200 | 1,06875        | -4              | 0            | 0,000 | 0              | -4              | 0            | 0,000 | 0              |
| 7           | 0               | 0,960221019  | 0,422 | 0,240055255    | -8                                | 0,275387152  | 0,788 | 0,068846788    | -6              | 0,116410156  | 1,212 | 0,029102539    | -6              | 0,116410156  | 1,212 | 0,029102539    |
| 8           | -1              | 4,275        | 0,200 | 1,06875        | -4                                | 0,16930274   | 1,005 | 0,042325685    | -1              | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     | -1              | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |
| 9           | 1               | 0,275387152  | 0,788 | 0,068846788    | -4                                | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    | -6              | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     | -6              | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     |
| 10          | 2               | 0,16930274   | 1,005 | 0,042325685    | -15                               | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    | -4              | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    | -4              | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    |
| 11          | -2              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    | -2                                | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    | -9              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    | -9              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 12          | 0               | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    | -15                               | 0            | 0,000 | 0              | -2              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    | -2              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 13          | -2              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    | -15                               | 0,116410156  | 1,212 | 0,029102539    | -15             | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    | -15             | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 14          | 0               | 0            | 0,000 | 0              | -6                                | 0            | 0,000 | 0              | -2              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    | -2              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 15          | 3               | 0,116410156  | 1,212 | 0,029102539    | -4                                | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    | -15             | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      | -15             | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      |
| 16          | -2              | 0            | 0,000 | 0              | -15                               | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     | -4              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    | -4              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 17          | 1               | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    | -6                                | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     | -4              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    | -4              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 18          | -4              | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     | -7                                | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    | -5              | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    | -5              | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 19          | -2              | 0,92053768   | 0,431 | 0,23013442     | -8                                | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    | -5              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    | -5              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 20          | -2              | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    | -15                               | 0,100872815  | 1,302 | 0,025218204    | -5              | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      | -5              | 1,06875      | 0,400 | 0,2671875      |
| 21          | -2              | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    | -5                                | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    | -6              | 0,275387152  | 0,788 | 0,068846788    | -6              | 0,275387152  | 0,788 | 0,068846788    |
| 22          | -2              | 3,990758244  | 0,207 | 0,997689561    | -7                                | 0,960221019  | 0,422 | 0,240055255    | -6              | 0,16930274   | 1,005 | 0,042325685    | -6              | 0,16930274   | 1,005 | 0,042325685    |
| 23          | -2              | 0            | 0,000 | 0              | -3                                | 4,275        | 0,200 | 1,06875        | -6              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    | -6              | 0,042664628  | 2,002 | 0,010666157    |
| 24          | -2              | 0            | 0,000 | 0              | -7                                | 0,275387152  | 0,788 | 0,068846788    | -6              | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    | -6              | 0,169640164  | 1,004 | 0,042410041    |
| 25          | -2              | 0,087120396  | 1,401 | 0,021780099    | -6                                | 0,16930274   | 1,005 | 0,042325685    | -4              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    | -4              | 0,042707282  | 2,001 | 0,010676821    |
| 26          | -2              | 0,101027945  | 1,301 | 0,025256986    | -6                                | 0,100718043  | 1,303 | 0,025179511    | -6              | 0            | 0,000 | 0              | -6              | 0            | 0,000 | 0              |
| 27          | -2              | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     | -6                                | 3,990758244  | 0,207 | 0,997689561    | -15             | 0,116410156  | 1,212 | 0,029102539    | -15             | 0,116410156  | 1,212 | 0,029102539    |
| 28          | -2              | 0            | 0,000 | 0              | -6                                | 0,960221019  | 0,422 | 0,240055255    | -4              | 0            | 0,000 | 0              | -4              | 0            | 0,000 | 0              |
| 29          | -2              | 0            | 0,000 | 0              | -5                                | 4,275        | 0,200 | 1,06875        | -4              | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    | -4              | 0,082465278  | 1,440 | 0,020616319    |
| 30          | -2              | 0,087120396  | 1,401 | 0,021780099    | -4                                | 0,16930274   | 1,005 | 0,042325685    | -5              | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     | -5              | 0,168966321  | 1,006 | 0,04224158     |

0,574140165 0,837366667 0,143535041

0,911285376 0,852533333 0,227821344

0,19001693 1,208133333 0,047504232

profil 3 syarat kosong lengan 25

| profil 3 syarat kosong lengan 25 |                 |              |       |                |                 |              |       |                |                |              |       |                |        |            |  |
|----------------------------------|-----------------|--------------|-------|----------------|-----------------|--------------|-------|----------------|----------------|--------------|-------|----------------|--------|------------|--|
| periode 3 s                      |                 |              |       |                | periode 7 s     |              |       |                | periode 10 s   |              |       |                |        |            |  |
| time (s)                         | delta h S1 (mm) | force S1 (N) |       | torque S1 (Nm) | delta h S1 (mm) | force S1 (N) |       | torque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) |       | torque S1 (Nm) |        |            |  |
| 1                                | 4               | 0,909683071  | 0,422 | 0,227420768    | 4               | 0            | 0,000 | 0              | -4             | 0,160073357  | 1,006 | 0,04001834     |        |            |  |
| 2                                | -4              | 4,05         | 0,200 | 1,0125         | -4              | 0            | 0,000 | 0              | 3              | 0,872088329  | 0,431 | 0,21802208     |        |            |  |
| 3                                | 3               | 0,260893092  | 0,788 | 0,065223273    | 3               | 4,009801738  | 0,201 | 1,002450434    | -4             | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     |        |            |  |
| 4                                | -4              | 0,16039207   | 1,005 | 0,040098017    | -4              | 0            | 0,000 | 0              | 3              | 0,095417093  | 1,303 | 0,02385427     |        |            |  |
| 5                                | 3               | 0,040419121  | 2,002 | 0,01010478     | 3               | 0            | 0,000 | 0              | -5             | 3,780718336  | 0,207 | 0,94517958     |        |            |  |
| 6                                | -5              | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    | -5              | 0            | 0,000 | 0              | 0              | 0            | 0,000 | 0              |        |            |  |
| 7                                | 0               | 0,04045953   | 2,001 | 0,010114883    | 0               | 0,040419121  | 2,002 | 0,01010478     | -1             | 0            | 0,000 | 0              |        |            |  |
| 8                                | -1              | 0            | 0,000 | 0              | -1              | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    | 1              | 0            | 0,000 | 0              |        |            |  |
| 9                                | 1               | 0,110283306  | 1,212 | 0,027570826    | 1               | 0,04045953   | 2,001 | 0,010114883    | 2              | 4,009801738  | 0,201 | 1,00245043     |        |            |  |
| 10                               | 2               | 0            | 0,000 | 0              | 2               | 1,0125       | 0,400 | 0,253125       | -2             | 0            | 0,000 | 0              |        |            |  |
| 11                               | -2              | 0,078125     | 1,440 | 0,01953125     | -2              | 0            | 0,000 | 0              | 0              | 0            | 0,000 | 0              |        |            |  |
| 12                               | 0               | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    | 0               | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    | -2             | 0            | 0,000 | 0              |        |            |  |
| 13                               | -2              | 0,872088329  | 0,431 | 0,218022082    | -2              | 0,909683071  | 0,422 | 0,227420768    | 0              | 0,040419121  | 2,002 | 0,01010478     |        |            |  |
| 14                               | 0               | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     | 0               | 4,05         | 0,200 | 1,0125         | -1             | 0,160711735  | 1,004 | 0,04017793     |        |            |  |
| 15                               | 3               | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    | -1              | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     | 1              | 0,04045953   | 2,001 | 0,01011488     |        |            |  |
| 16                               | -2              | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     | 1               | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    | 2              | 1,0125       | 0,400 | 0,253125       |        |            |  |
| 17                               | 1               | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    | 2               | 3,780718336  | 0,207 | 0,945179584    | -2             | 0            | 0,000 | 0              |        |            |  |
| 18                               | -4              | 0,909683071  | 0,422 | 0,227420768    | -2              | 0            | 0,000 | 0              | 0              | 0,078125     | 1,440 | 0,01953125     |        |            |  |
| 19                               | -2              | 4,05         | 0,200 | 1,0125         | 0               | 0            | 0,000 | 0              | -2             | 0,160073357  | 1,006 | 0,04001834     |        |            |  |
| 20                               | -2              | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     | -2              | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    | 0              | 0,872088329  | 0,431 | 0,21802208     |        |            |  |
| 21                               | -2              | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    | 0               | 0,04045953   | 2,001 | 0,010114883    | 3              | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     |        |            |  |
| 22                               | -2              | 3,780718336  | 0,207 | 0,945179584    | 3               | 0            | 0,000 | 0              | -2             | 0,095417093  | 1,303 | 0,02385427     |        |            |  |
| 23                               | -2              | 0            | 0,000 | 0              | -2              | 0,078125     | 1,440 | 0,01953125     | 0              | 3,780718336  | 0,207 | 0,94517958     |        |            |  |
| 24                               | -2              | 0            | 0,000 | 0              | 1               | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    | -1             | 0            | 0,000 | 0              |        |            |  |
| 25                               | -2              | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    | -4              | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    | 1              | 0            | 0,000 | 0              |        |            |  |
| 26                               | -2              | 0,04045953   | 2,001 | 0,010114883    | -2              | 4,05         | 0,200 | 1,0125         | 2              | 0            | 0,000 | 0              |        |            |  |
| 27                               | -2              | 0            | 0,000 | 0              | 0               | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     | -2             | 4,009801738  | 0,201 | 1,00245043     |        |            |  |
| 28                               | -2              | 0,078125     | 1,440 | 0,01953125     | -2              | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    | 0              | 0            | 0,000 | 0              |        |            |  |
| 29                               | -2              | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    | 0               | 3,780718336  | 0,207 | 0,945179584    | -1             | 0,110283306  | 1,212 | 0,02757083     |        |            |  |
| 30                               | -2              | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    | -1              | 0            | 0,000 | 0              | -1             | 0            | 0,000 | 0              |        |            |  |
| 0,558551794                      |                 |              |       | 0,887          | 0,139637948     |              |       |                | 0,648994128    |              |       |                | 0,5653 | 0,16224853 |  |
|                                  |                 |              |       |                | 0,763749065     |              |       |                | 0,6604         | 0,19093727   |       |                |        |            |  |

0,558551794 0,887 0,139637948

0,763749065 0,6604 0,19093727

0,648994128 0,5653 0,16224853



profil 3 syarat 1/4 air lengan 25

| periode 3 s |                 |              |                |
|-------------|-----------------|--------------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | torque S1 (Nm) |
| 1           | 4               | 0,0404191    | 2,002          |
| 2           | -4              | 0,1607117    | 1,004          |
| 3           | 3               | 0,0404595    | 2,001          |
| 4           | -4              | 1,0125       | 0,400          |
| 5           | 3               | 0            | 0,000          |
| 6           | -5              | 0            | 0,000          |
| 7           | 0               | 4,0098017    | 0,201          |
| 8           | -1              | 0            | 0,000          |
| 9           | 1               | 0,1102833    | 1,212          |
| 10          | 2               | 0            | 0,000          |
| 11          | -2              | 0,078125     | 1,440          |
| 12          | 0               | 0,1600734    | 1,006          |
| 13          | -2              | 0,8720883    | 0,431          |
| 14          | 0               | 0,0955637    | 1,302          |
| 15          | 3               | 0,2608931    | 0,788          |
| 16          | -2              | 0,1603921    | 1,005          |
| 17          | 1               | 0,0404191    | 2,002          |
| 18          | -4              | 0,1607117    | 1,004          |
| 19          | -2              | 0,0404595    | 2,001          |
| 20          | -2              | 1,0125       | 0,400          |
| 21          | -2              | 0            | 0,000          |
| 22          | -2              | 0            | 0,000          |
| 23          | -2              | 4,0098017    | 0,201          |
| 24          | -2              | 0            | 0,000          |
| 25          | -2              | 0,1102833    | 1,212          |
| 26          | -2              | 0            | 0,000          |
| 27          | -2              | 0,078125     | 1,440          |
| 28          | -2              | 0,8720883    | 0,431          |
| 29          | -2              | 0,0955637    | 1,302          |
| 30          | -2              | 0,2608931    | 0,788          |

0,4560719 0,78577 0,114018

| periode 7 s     |              |       |                |
|-----------------|--------------|-------|----------------|
| delta h S1 (mm) | force S1 (N) |       | torque S1 (Nm) |
| -4              | 0,909683071  | 0,422 | 0,227420768    |
| 3               | 4,05         | 0,200 | 1,0125         |
| -5              | 0,260893092  | 0,788 | 0,065223273    |
| 0               | 0,16039207   | 1,005 | 0,040098017    |
| -1              | 0,040419121  | 2,002 | 0,01010478     |
| 1               | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    |
| 2               | 0,04045953   | 2,001 | 0,010114883    |
| -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0,110283306  | 1,212 | 0,027570826    |
| -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0,078125     | 1,440 | 0,01953125     |
| 3               | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    |
| -2              | 0,872088329  | 0,431 | 0,218022082    |
| 1               | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     |
| -4              | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    |
| -2              | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     |
| -2              | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    |
| 2               | 0,909683071  | 0,422 | 0,227420768    |
| -2              | 4,05         | 0,200 | 1,0125         |
| 0               | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     |
| -2              | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    |
| 0               | 3,780718336  | 0,207 | 0,945179584    |
| 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    |
| 0               | 0,04045953   | 2,001 | 0,010114883    |
| 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 0,078125     | 1,440 | 0,01953125     |
| -2              | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    |
| 0               | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    |

0,558551794 0,887 0,139637948

| periode 10 s    |              |       |                |
|-----------------|--------------|-------|----------------|
| delta h S1 (mm) | force S1 (N) |       | torque S1 (Nm) |
| 1               | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     |
| 2               | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    |
| -2              | 3,780718336  | 0,207 | 0,945179584    |
| 0               | 0,872088329  | 0,431 | 0,218022082    |
| -2              | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    |
| 0               | 3,780718336  | 0,207 | 0,945179584    |
| 3               | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 0            | 0,000 | 0              |
| 1               | 0,082535112  | 1,401 | 0,020633778    |
| -4              | 0,095710684  | 1,301 | 0,023927671    |
| -2              | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    |
| -5              | 0            | 0,000 | 0              |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| -1              | 0,040419121  | 2,002 | 0,01010478     |
| 1               | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    |
| 2               | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 4,009801738  | 0,201 | 1,002450434    |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| -2              | 0,110283306  | 1,212 | 0,027570826    |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |
| 3               | 0,078125     | 1,440 | 0,01953125     |
| -2              | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    |
| 1               | 0,872088329  | 0,431 | 0,218022082    |
| -4              | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     |
| -2              | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    |
| -2              | 3,780718336  | 0,207 | 0,945179584    |
| 0               | 0,872088329  | 0,431 | 0,218022082    |
| 3               | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     |
| -2              | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    |
| 1               | 3,780718336  | 0,207 | 0,945179584    |

0,77684104 0,72707 0,194210261

profil 3 syarat 1/2 air lengan 25

| periode 3 s |                 |              |                |             |
|-------------|-----------------|--------------|----------------|-------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) | torque S1 (Nm) |             |
| 1           | 4               | 0,909683     | 0,422          | 0,227420768 |
| 2           | -4              | 4,05         | 0,200          | 1,0125      |
| 3           | 3               | 0,260893     | 0,788          | 0,065223273 |
| 4           | -4              | 0,160392     | 1,005          | 0,040098017 |
| 5           | 3               | 0,040419     | 2,002          | 0,01010478  |
| 6           | -5              | 0,160712     | 1,004          | 0,040177934 |
| 7           | 0               | 0,04046      | 2,001          | 0,010114883 |
| 8           | -1              | 0            | 0,000          | 0           |
| 9           | 1               | 0,110283     | 1,212          | 0,027570826 |
| 10          | 2               | 0            | 0,000          | 0           |
| 11          | -2              | 0,078125     | 1,440          | 0,01953125  |
| 12          | 0               | 0,160073     | 1,006          | 0,040018339 |
| 13          | -2              | 0,872088     | 0,431          | 0,218022082 |
| 14          | 0               | 0,095564     | 1,302          | 0,02389093  |
| 15          | 3               | 0,095417     | 1,303          | 0,023854273 |
| 16          | -2              | 0,095564     | 1,302          | 0,02389093  |
| 17          | 1               | 0,095417     | 1,303          | 0,023854273 |
| 18          | -4              | 0,909683     | 0,422          | 0,227420768 |
| 19          | -2              | 4,05         | 0,200          | 1,0125      |
| 20          | -2              | 0,095564     | 1,302          | 0,02389093  |
| 21          | -2              | 0,095417     | 1,303          | 0,023854273 |
| 22          | -2              | 3,780718     | 0,207          | 0,945179584 |
| 23          | -2              | 0            | 0,000          | 0           |
| 24          | -2              | 0            | 0,000          | 0           |
| 25          | -2              | 0,160712     | 1,004          | 0,040177934 |
| 26          | -2              | 0,04046      | 2,001          | 0,010114883 |
| 27          | -2              | 0            | 0,000          | 0           |
| 28          | -2              | 0,078125     | 1,440          | 0,01953125  |
| 29          | -2              | 0,160073     | 1,006          | 0,040018339 |
| 30          | -2              | 0,160712     | 1,004          | 0,040177934 |

0,55855 0,887 0,13963795

| periode 7 s     |              |       |                |  |
|-----------------|--------------|-------|----------------|--|
| delta h S1 (mm) | force S1 (N) |       | torque S1 (Nm) |  |
| 1               | 0,110283306  | 1,212 | 0,027570826    |  |
| -1              | 0            | 0,000 | 0              |  |
| 0               | 0,078125     | 1,440 | 0,01953125     |  |
| -1              | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    |  |
| 1               | 0,872088329  | 0,431 | 0,218022082    |  |
| 0               | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     |  |
| 3               | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    |  |
| -1              | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     |  |
| 1               | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    |  |
| 2               | 0,909683071  | 0,422 | 0,227420768    |  |
| -1              | 4,05         | 0,200 | 1,0125         |  |
| 1               | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     |  |
| 2               | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    |  |
| -2              | 3,780718336  | 0,207 | 0,945179584    |  |
| 0               | 0            | 0,000 | 0              |  |
| -2              | 0            | 0,000 | 0              |  |
| 1               | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    |  |
| -2              | 0,078125     | 1,440 | 0,01953125     |  |
| -1              | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    |  |
| 0               | 0,872088329  | 0,431 | 0,218022082    |  |
| -1              | 0,078125     | 1,440 | 0,01953125     |  |
| 1               | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    |  |
| 0               | 0,872088329  | 0,431 | 0,218022082    |  |
| 3               | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     |  |
| -1              | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    |  |
| 1               | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     |  |
| 2               | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    |  |
| -1              | 0,909683071  | 0,422 | 0,227420768    |  |
| 1               | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    |  |
| 2               | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     |  |

0,479927482 0,92427 0,11998187

| periode 10 s   |              |       |                |  |
|----------------|--------------|-------|----------------|--|
| delta h S1 (m) | force S1 (N) |       | torque S1 (Nm) |  |
| 1              | 0,110283306  | 1,212 | 0,027570826    |  |
| 0              | 0            | 0,000 | 0              |  |
| 3              | 0,078125     | 1,440 | 0,01953125     |  |
| -1             | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    |  |
| 1              | 0,872088329  | 0,431 | 0,218022082    |  |
| 2              | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     |  |
| -1             | 0,260893092  | 0,788 | 0,065223273    |  |
| 1              | 0,16039207   | 1,005 | 0,040098017    |  |
| -1             | 0,040419121  | 2,002 | 0,01010478     |  |
| 1              | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    |  |
| 4              | 0,04045953   | 2,001 | 0,010114883    |  |
| -4             | 1,0125       | 0,400 | 0,253125       |  |
| 3              | 0            | 0,000 | 0              |  |
| -4             | 0            | 0,000 | 0              |  |
| 3              | 4,009801738  | 0,201 | 1,002450434    |  |
| -5             | 0            | 0,000 | 0              |  |
| 0              | 0,110283306  | 1,212 | 0,027570826    |  |
| -1             | 0            | 0,000 | 0              |  |
| 1              | 0,078125     | 1,440 | 0,01953125     |  |
| 2              | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    |  |
| -2             | 0,872088329  | 0,431 | 0,218022082    |  |
| 0              | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     |  |
| -2             | 0,260893092  | 0,788 | 0,065223273    |  |
| 0              | 0,16039207   | 1,005 | 0,040098017    |  |
| 3              | 0,040419121  | 2,002 | 0,01010478     |  |
| -2             | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    |  |
| 1              | 0,04045953   | 2,001 | 0,010114883    |  |
| -4             | 1,0125       | 0,400 | 0,253125       |  |
| -2             | 0            | 0,000 | 0              |  |
| -2             | 0            | 0,000 | 0              |  |

0,333094008 0,8461 0,083273502



profil 3 syarat 3/4 air lengan 25

| periode 3 s |                 |              |       |                | periode 7 s    |              |       |                | periode 10 s   |              |       |                |
|-------------|-----------------|--------------|-------|----------------|----------------|--------------|-------|----------------|----------------|--------------|-------|----------------|
| time (s)    | delta h S1 (mm) | force S1 (N) |       | torque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) |       | torque S1 (Nm) | delta h S1 (m) | force S1 (N) |       | torque S1 (Nm) |
| 1           | 4               | 0,040419121  | 2,002 | 0,01010478     | 0              | 0,909683071  | 0,422 | 0,227420768    | 1              | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     |
| 2           | -4              | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    | -2             | 4,05         | 0,200 | 1,0125         | 2              | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    |
| 3           | -3              | 0,04045953   | 2,001 | 0,010114883    | 0              | 0,260893092  | 0,788 | 0,065223273    | -2             | 3,780718336  | 0,207 | 0,945179584    |
| 4           | -4              | 1,0125       | 0,400 | 0,253125       | 3              | 0,16039207   | 1,005 | 0,040098017    | 0              | 0            | 0,000 | 0              |
| 5           | 3               | 0            | 0,000 | 0              | -2             | 0,040419121  | 2,002 | 0,01010478     | -2             | 0            | 0,000 | 0              |
| 6           | -5              | 0            | 0,000 | 0              | 1              | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    | 0              | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    |
| 7           | 0               | 4,009801738  | 0,201 | 1,002450434    | -4             | 0,04045953   | 2,001 | 0,010114883    | 3              | 0,04045953   | 2,001 | 0,010114883    |
| 8           | -1              | 0            | 0,000 | 0              | -2             | 0            | 0,000 | 0              | -2             | 0,082535112  | 1,401 | 0,020633778    |
| 9           | 1               | 0,110283306  | 1,212 | 0,027570826    | -2             | 0,110283306  | 1,212 | 0,027570826    | 1              | 0,095710684  | 1,301 | 0,023927671    |
| 10          | 2               | 0            | 0,000 | 0              | 4              | 0            | 0,000 | 0              | -4             | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    |
| 11          | -2              | 0,078125     | 1,440 | 0,01953125     | -4             | 0,078125     | 1,440 | 0,01953125     | -2             | 0,16039207   | 1,005 | 0,040098017    |
| 12          | 0               | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    | 3              | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    | -5             | 0,040419121  | 2,002 | 0,01010478     |
| 13          | -2              | 0,872088329  | 0,431 | 0,218022082    | 2              | 0,872088329  | 0,431 | 0,218022082    | 0              | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    |
| 14          | 0               | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     | -2             | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     | -1             | 0,04045953   | 2,001 | 0,010114883    |
| 15          | 3               | 0,260893092  | 0,788 | 0,065223273    | 0              | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    | 1              | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    |
| 16          | -2              | 0,16039207   | 1,005 | 0,040098017    | -2             | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     | 2              | 0,04045953   | 2,001 | 0,010114883    |
| 17          | 1               | 0,040419121  | 2,002 | 0,01010478     | 0              | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    | -2             | 0,082535112  | 1,401 | 0,020633778    |
| 18          | -4              | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    | 3              | 0,909683071  | 0,422 | 0,227420768    | 0              | 0,095710684  | 1,301 | 0,023927671    |
| 19          | -2              | 0,04045953   | 2,001 | 0,010114883    | -2             | 4,05         | 0,200 | 1,0125         | -2             | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    |
| 20          | -2              | 1,0125       | 0,400 | 0,253125       | 1              | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     | 0              | 0            | 0,000 | 0              |
| 21          | -2              | 0            | 0,000 | 0              | -4             | 0,095417093  | 1,303 | 0,023854273    | 3              | 0            | 0,000 | 0              |
| 22          | -2              | 0            | 0,000 | 0              | -2             | 3,780718336  | 0,207 | 0,945179584    | -2             | 0            | 0,000 | 0              |
| 23          | -2              | 4,009801738  | 0,201 | 1,002450434    | -2             | 0            | 0,000 | 0              | 1              | 0,082535112  | 1,401 | 0,020633778    |
| 24          | -2              | 0            | 0,000 | 0              | 4              | 0            | 0,000 | 0              | -4             | 0,095710684  | 1,301 | 0,023927671    |
| 25          | -2              | 0,110283306  | 1,212 | 0,027570826    | -4             | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    | -2             | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    |
| 26          | -2              | 0            | 0,000 | 0              | 3              | 0,04045953   | 2,001 | 0,010114883    | -2             | 0            | 0,000 | 0              |
| 27          | -2              | 0,078125     | 1,440 | 0,01953125     | -4             | 0            | 0,000 | 0              | 0              | 0            | 0,000 | 0              |
| 28          | -2              | 0,872088329  | 0,431 | 0,218022082    | -2             | 0,078125     | 1,440 | 0,01953125     | 3              | 0,04045953   | 2,001 | 0,010114883    |
| 29          | -2              | 0,09556372   | 1,302 | 0,02389093     | 1              | 0,160073357  | 1,006 | 0,040018339    | -2             | 0,082535112  | 1,401 | 0,020633778    |
| 30          | -2              | 0,260893092  | 0,788 | 0,065223273    | -4             | 0,160711735  | 1,004 | 0,040177934    | 1              | 0,095710684  | 1,301 | 0,023927671    |

0,456071886 0,78576667 0,114017971

0,558551794 0,887 0,139637948

0,200322897 1,02203 0,050080724

## Profil 1

| periode lengan 40 syarat kosong |           |            |
|---------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                       | periode 7 | periode 10 |
| 0,659                           | 0,745     | 0,823      |

| periode lengan 30 syarat kosong |           |            |
|---------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                       | periode 7 | periode 10 |
| 0,786                           | 0,786     | 0,774      |

| periode lengan 25 syarat kosong |           |            |
|---------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                       | periode 7 | periode 10 |
| 0,695                           | 0,759     | 0,823      |

| periode lengan 40 syarat 1/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 1,013                            | 0,745     | 1,011      |

| periode lengan 30 syarat 1/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,874                            | 1,039     | 0,842      |

| periode lengan 25 syarat 1/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,905                            | 0,973     | 1,029      |

| periode lengan 40 syarat 1/2 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,837                            | 0,933     | 0,922      |

| periode lengan 30 syarat 1/2 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,745                            | 0,922     | 0,837      |

| periode lengan 25 syarat 1/2 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,754                            | 0,764     | 1,029      |

| periode lengan 40 syarat 3/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,954                            | 0,985     | 1,006      |

| periode lengan 30 syarat 3/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,930                            | 0,732     | 0,695      |

| periode lengan 25 syarat 3/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,834                            | 1,006     | 0,695      |

| gaya lengan 40 syarat kosong |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,634                        | 0,651     | 0,823      |

| gaya lengan 30 syarat kosong |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,532                        | 0,430     | 0,619      |

| gaya lengan 25 syarat kosong |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,474                        | 0,685     | 0,250      |

| gaya lengan 40 syarat kosong |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,634                        | 0,651     | 0,823      |

| gaya lengan 40 syarat 1/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,162                         | 0,651     | 0,377      |

| gaya lengan 30 syarat 1/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 20,611                        | 0,402     | 0,299      |

| gaya lengan 25 syarat 1/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,482                         | 0,663     | 0,087      |

| gaya lengan 40 syarat 1/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,162                         | 0,651     | 0,377      |

| gaya lengan 40 syarat 1/2 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,635                         | 0,697     | 0,676      |

| gaya lengan 30 syarat 1/2 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,651                         | 0,678     | 0,635      |

| gaya lengan 25 syarat 1/2 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,435                         | 0,434     | 0,087      |

| gaya lengan 40 syarat 1/2 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,635                         | 0,697     | 0,676      |

| gaya lengan 40 syarat 3/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,365                         | 0,479     | 0,446      |

| gaya lengan 30 syarat 3/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,552                         | 0,447     | 0,474      |

| gaya lengan 25 syarat 3/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,683                         | 0,349     | 0,474      |

| gaya lengan 40 syarat 3/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,365                         | 0,479     | 0,446      |

## Profil 2

| periode lengan 40 syarat kosong |           |            |
|---------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                       | periode 7 | periode 10 |
| 0,628                           | 0,759     | 0,818      |

| periode lengan 40 syarat 1/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,823                            | 0,565     | 0,636      |

| periode lengan 40 syarat 1/2 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,666                            | 0,784     | 1,013      |

| periode lengan 40 syarat 3/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,974                            | 0,853     | 0,986      |

| gaya lengan 40 syarat kosong |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,523                        | 0,620     | 0,654      |

| gaya lengan 40 syarat 1/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,433                         | 0,685     | 0,752      |

| gaya lengan 40 syarat 1/2 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,511                         | 0,168     | 0,147      |

| gaya lengan 40 syarat 3/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,300                         | 0,911     | 0,457      |

| periode lengan 30 syarat kosong |           |            |
|---------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                       | periode 7 | periode 10 |
| 0,786                           | 0,761     | 0,755      |

| periode lengan 30 syarat 1/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,874                            | 0,887     | 1,012      |

| periode lengan 30 syarat 1/2 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,905                            | 1,014     | 1,029      |

| periode lengan 30 syarat 3/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,659                            | 0,922     | 1,023      |

| gaya lengan 30 syarat kosong |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,481                        | 0,560     | 0,560      |

| gaya lengan 30 syarat 1/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,294                         | 0,590     | 0,319      |

| gaya lengan 30 syarat 1/2 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,436                         | 0,358     | 0,079      |

| gaya lengan 30 syarat 3/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,574                         | 0,611     | 0,333      |

| periode lengan 25 syarat kosong |           |            |
|---------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                       | periode 7 | periode 10 |
| 0,786                           | 0,759     | 0,847      |

| periode lengan 25 syarat 1/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,887                            | 0,823     | 0,874      |

| periode lengan 25 syarat 1/2 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 1,013                            | 0,823     | 1,014      |

| periode lengan 25 syarat 3/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,837                            | 0,853     | 1,208      |

| gaya lengan 25 syarat kosong |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,389                        | 0,620     | 0,485      |

| gaya lengan 25 syarat 1/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,590                         | 0,433     | 0,330      |

| gaya lengan 25 syarat 1/2 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,147                         | 0,433     | 0,358      |

| gaya lengan 25 syarat 3/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,574                         | 0,911     | 0,190      |



### Profil 3

| periode lengan 40 syarat kosong |           |            |
|---------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                       | periode 7 | periode 10 |
| 0,695                           | 0,973     | 0,887      |

| periode lengan 40 syarat 1/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,985                            | 1,029     | 0,665      |

| periode lengan 40 syarat 1/2 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,727                            | 0,988     | 0,809      |

| periode lengan 40 syarat 3/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 1,022                            | 0,942     | 0,997      |

| gaya lengan 40 syarat kosong |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,406                        | 0,568     | 0,559      |

| gaya lengan 40 syarat 1/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,135                         | 0,075     | 0,555      |

| gaya lengan 40 syarat 1/2 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,777                         | 0,075     | 0,256      |

| gaya lengan 40 syarat 3/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,200                         | 0,705     | 0,289      |

| periode lengan 30 syarat kosong |           |            |
|---------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                       | periode 7 | periode 10 |
| 0,786                           | 0,887     | 0,746      |

| periode lengan 30 syarat 1/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,849                            | 0,887     | 0,786      |

| periode lengan 30 syarat 1/2 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,840                            | 0,887     | 0,947      |

| periode lengan 30 syarat 3/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,862                            | 1,022     | 0,786      |

| gaya lengan 30 syarat kosong |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,456                        | 0,559     | 0,606      |

| gaya lengan 30 syarat 1/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,434                         | 0,559     | 0,533      |

| gaya lengan 30 syarat 1/2 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,609                         | 0,559     | 0,533      |

| gaya lengan 30 syarat 3/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,577                         | 0,200     | 0,456      |

| periode lengan 25 syarat kosong |           |            |
|---------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                       | periode 7 | periode 10 |
| 0,660                           | 0,660     | 0,565      |

| periode lengan 25 syarat 1/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,786                            | 0,887     | 0,727      |

| periode lengan 25 syarat 1/2 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,887                            | 0,924     | 0,947      |

| periode lengan 25 syarat 3/4 air |           |            |
|----------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                        | periode 7 | periode 10 |
| 0,786                            | 0,887     | 1,022      |

| gaya lengan 25 syarat kosong |           |            |
|------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                    | periode 7 | periode 10 |
| 0,559                        | 0,764     | 0,649      |

| gaya lengan 25 syarat 1/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,456                         | 0,559     | 0,777      |

| gaya lengan 25 syarat 1/2 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,559                         | 0,480     | 0,333      |

| gaya lengan 25 syarat 3/4 air |           |            |
|-------------------------------|-----------|------------|
| periode 3                     | periode 7 | periode 10 |
| 0,456                         | 0,559     | 0,200      |



## Ep & Eg pada profil 1

| 40 syarat ( $E_p = \text{kgm/s}^2$ ) |        |        |        |        |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| T                                    | kosong | 1/4    | 1/2    | 3/4    |
| 3                                    | 0,0029 | 0,0026 | 0,0075 | 0,0057 |
| 7                                    | 0,0050 | 0,0050 | 0,0150 | 0,0091 |
| 10                                   | 0,0041 | 0,0072 | 0,0057 | 0,0077 |

| 30 syarat ( $E_p = \text{kgm/s}^2$ ) |        |        |        |        |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| T                                    | kosong | 1/4    | 1/2    | 3/4    |
| 3                                    | 0,0045 | 0,0056 | 0,0050 | 0,0023 |
| 7                                    | 0,0025 | 0,0055 | 0,0116 | 0,0022 |
| 10                                   | 0,0045 | 0,0029 | 0,0165 | 0,0022 |

| 25 syarat ( $E_p = \text{kgm/s}^2$ ) |        |        |        |        |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| T                                    | kosong | 1/4    | 1/2    | 3/4    |
| 3                                    | 0,0022 | 0,0051 | 0,0022 | 0,0093 |
| 7                                    | 0,0021 | 0,0147 | 0,0038 | 0,0082 |
| 10                                   | 0,0021 | 0,0014 | 0,0014 | 0,0070 |

| energy gelombang lengan 40 |            |           |          |          |
|----------------------------|------------|-----------|----------|----------|
|                            | kosong     | 1/4       | 1/2      | 3/4      |
| 3                          | 0,01331043 | 0,0128264 | 0,018285 | 0,0167   |
| 7                          | 0,01601219 | 0,0160122 | 0,023035 | 0,01952  |
| 10                         | 0,01491477 | 0,0180822 | 0,016701 | 0,018476 |

| energy gelombang lengan 30 |            |            |          |          |
|----------------------------|------------|------------|----------|----------|
|                            | kosong     | 1/4        | 1/2      | 3/4      |
| 3                          | 0,01540893 | 0,01656735 | 0,016012 | 0,012275 |
| 7                          | 0,01260712 | 0,01645427 | 0,021139 | 0,012168 |
| 10                         | 0,01541258 | 0,01333599 | 0,023776 | 0,012115 |

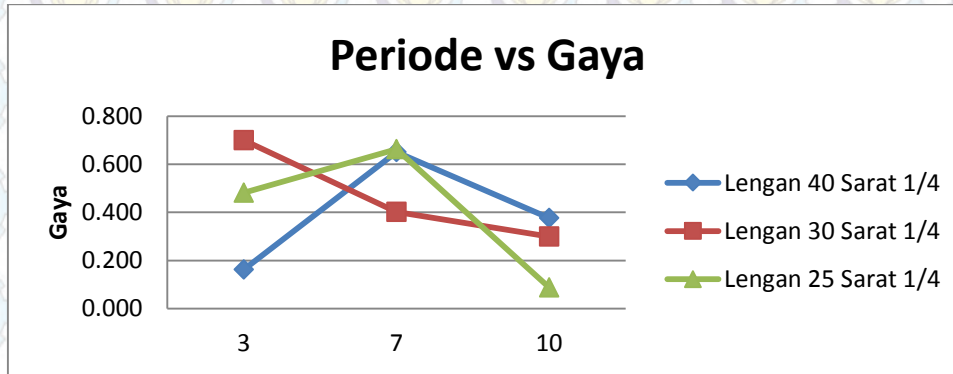
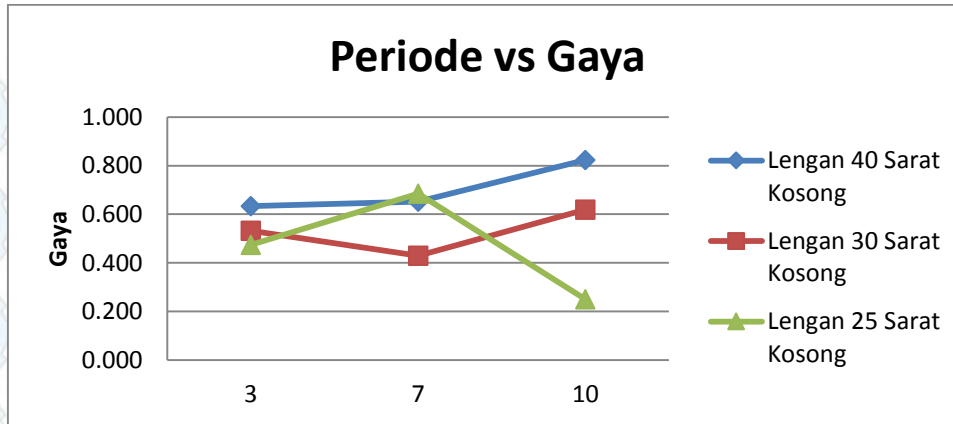
| energy gelombang lengan 25 |         |          |          |          |
|----------------------------|---------|----------|----------|----------|
|                            | kosong  | 1/4      | 1/2      | 3/4      |
| 3                          | 0,01212 | 0,016092 | 0,012192 | 0,019631 |
| 7                          | 0,01200 | 0,022905 | 0,014539 | 0,018871 |
| 10                         | 0,01202 | 0,010422 | 0,010422 | 0,017886 |

| lengan 40                  |        |       |       |       |
|----------------------------|--------|-------|-------|-------|
| $E_p/E_g (\text{kgm/m}^2)$ |        |       |       |       |
| T                          | kosong | 1/4   | 1/2   | 3/4   |
| 3                          | 4,608  | 4,962 | 2,442 | 2,927 |
| 7                          | 3,184  | 3,184 | 1,538 | 2,142 |
| 10                         | 3,670  | 2,497 | 2,927 | 2,391 |

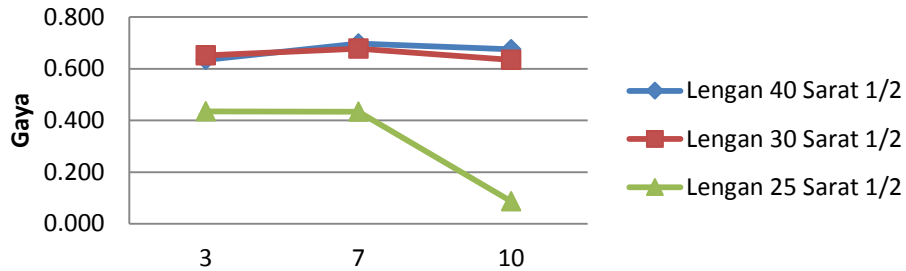
| lengan 30                  |        |       |       |       |
|----------------------------|--------|-------|-------|-------|
| $E_p/E_g (\text{kgm/m}^2)$ |        |       |       |       |
| T                          | kosong | 1/4   | 1/2   | 3/4   |
| 3                          | 3,438  | 2,974 | 3,184 | 5,418 |
| 7                          | 5,136  | 3,015 | 1,827 | 5,514 |
| 10                         | 3,436  | 4,590 | 1,444 | 5,562 |

| lengan 25                  |        |       |       |       |
|----------------------------|--------|-------|-------|-------|
| $E_p/E_g (\text{kgm/m}^2)$ |        |       |       |       |
| T                          | kosong | 1/4   | 1/2   | 3/4   |
| 3                          | 5,562  | 3,153 | 5,492 | 2,118 |
| 7                          | 5,668  | 1,556 | 3,862 | 2,292 |
| 10                         | 5,649  | 7,516 | 7,516 | 2,552 |

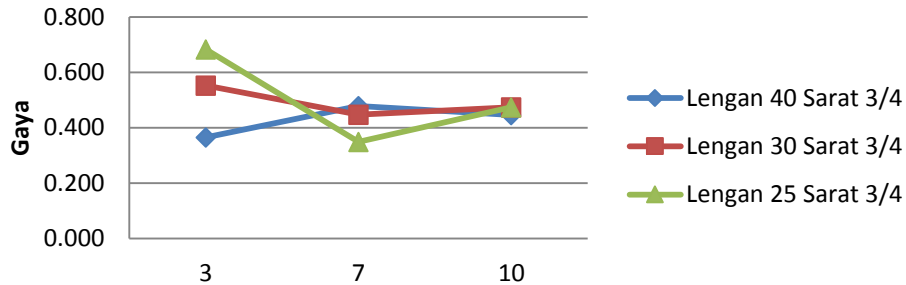
## Profil 1



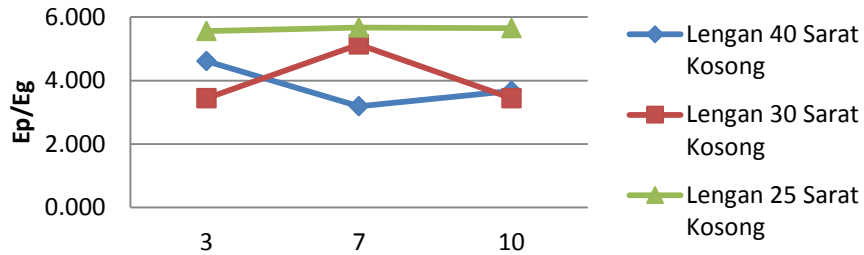
### Periode vs Gaya



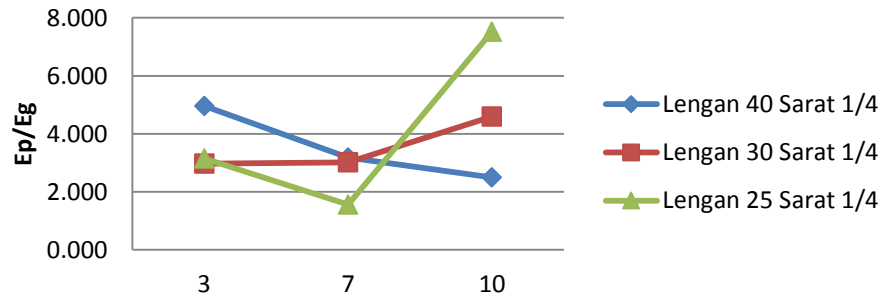
### Periode vs Gaya



### Periode vs Ep/Eg Sarat Kosong

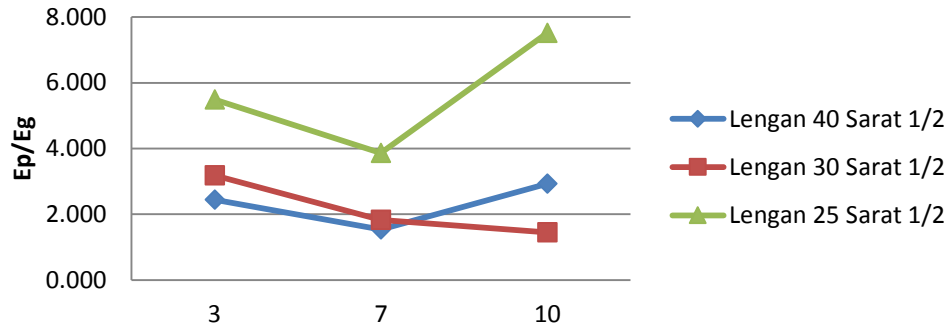


### Periode vs Ep/Eg Sarat 1/4

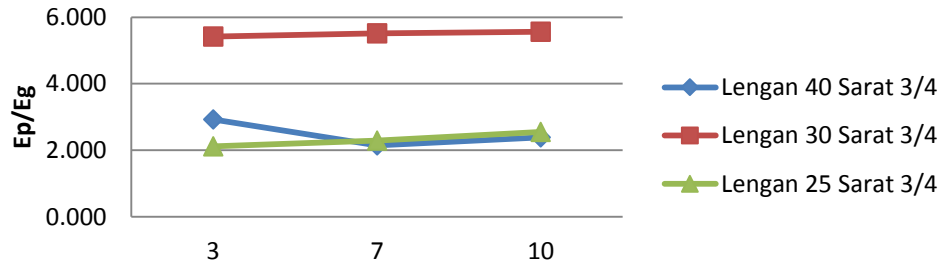




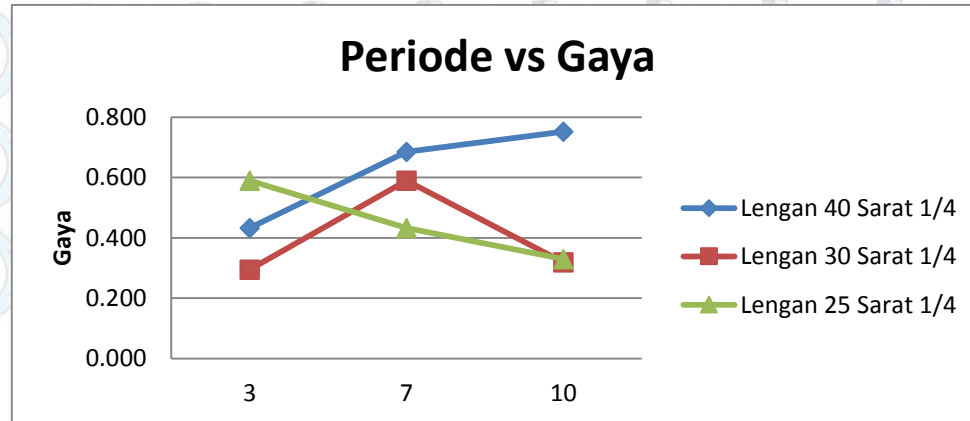
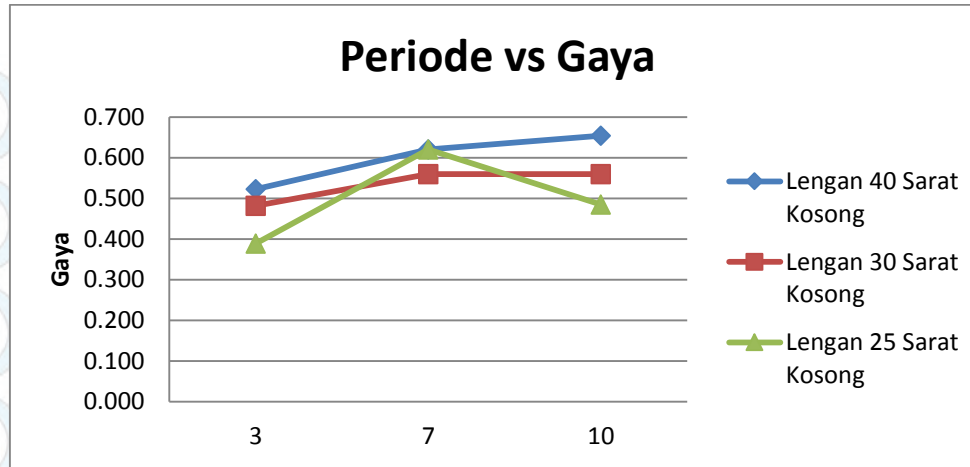
## Periode vs $E_p/E_g$ Sarat 1/2



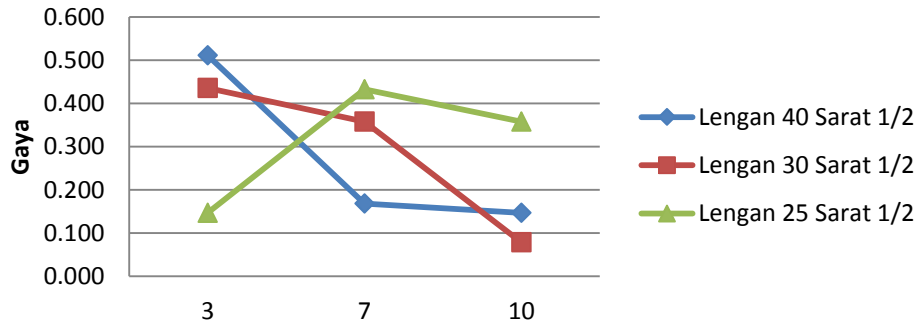
## Periode vs $E_p/E_g$ Sarat 3/4



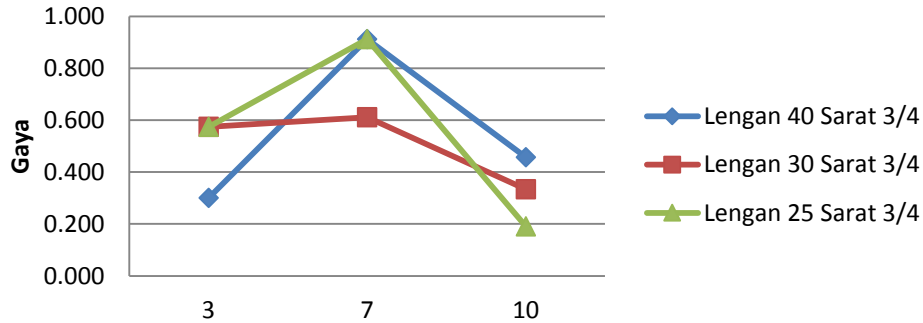
## Profil 2



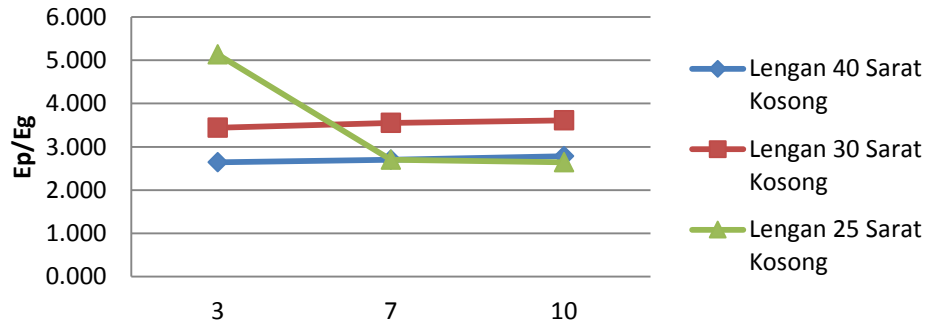
### Periode vs Gaya



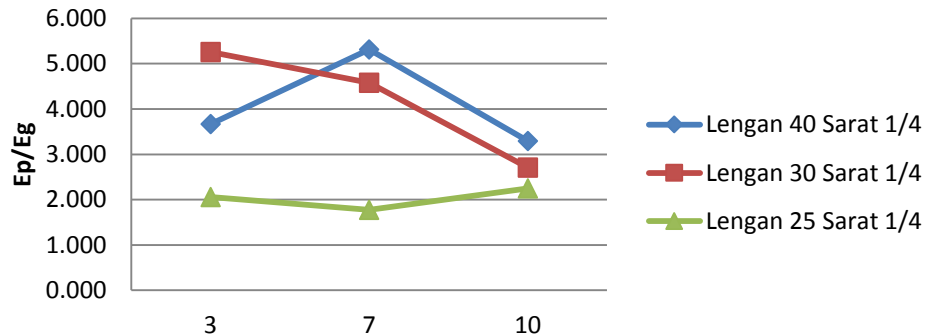
### Periode vs Gaya



## Periode vs $E_p/E_g$ Sarat Kosong

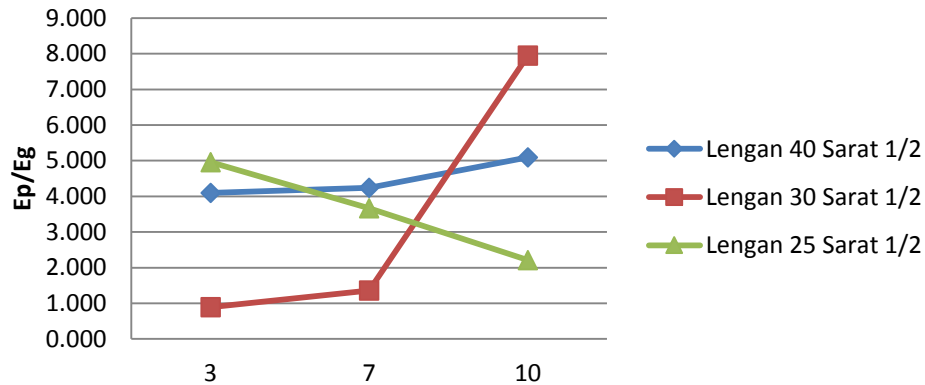


## Periode vs $E_p/E_g$ Sarat 1/4

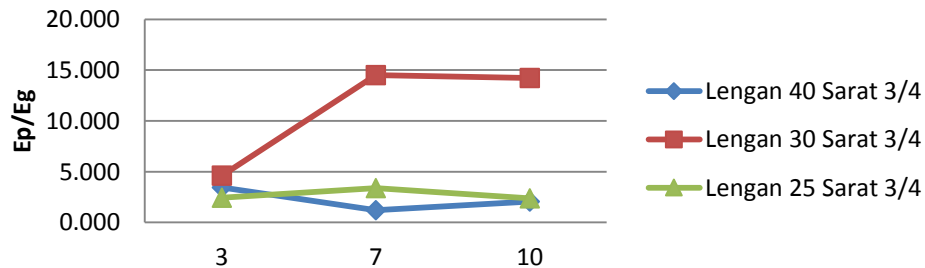




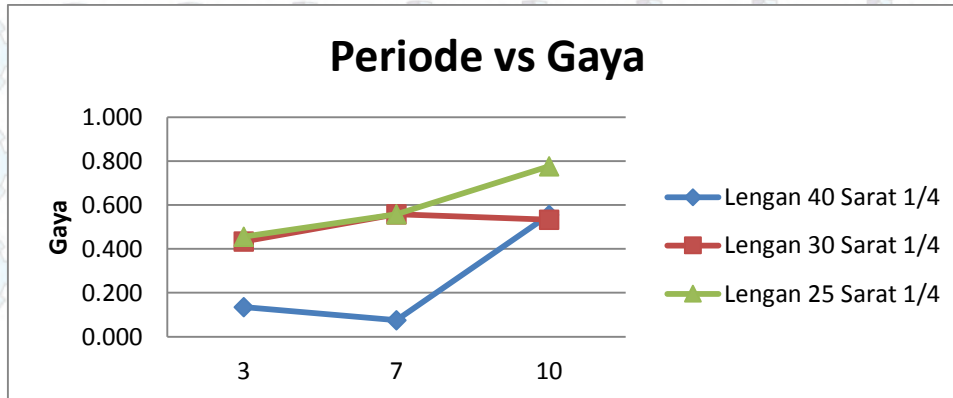
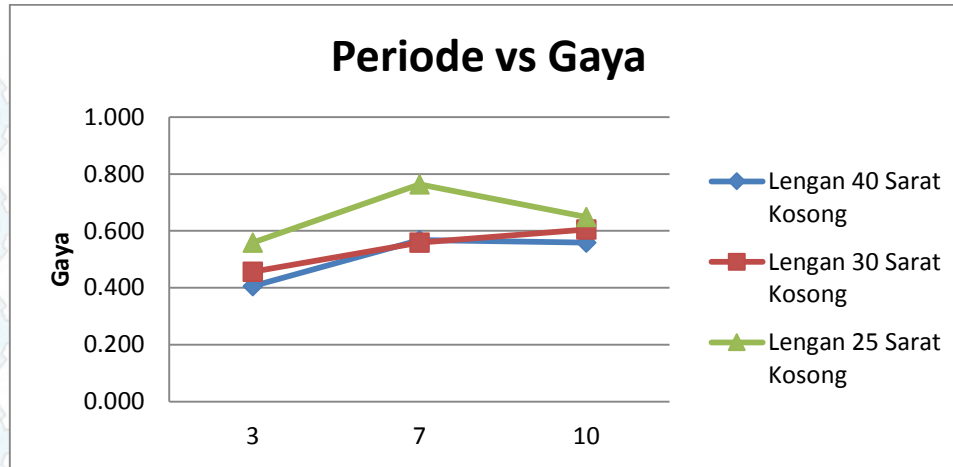
### Periode vs $E_p/E_g$ Sarat 1/2



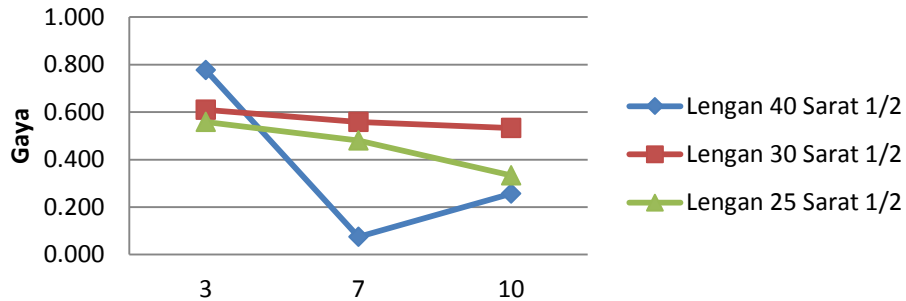
### Periode vs $E_p/E_g$ Sarat 3/4



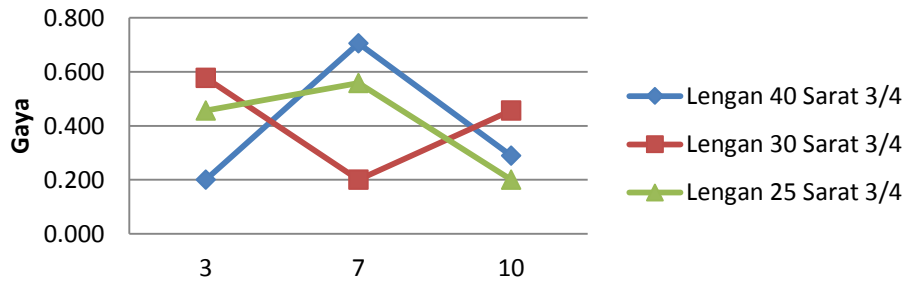
### Profil 3



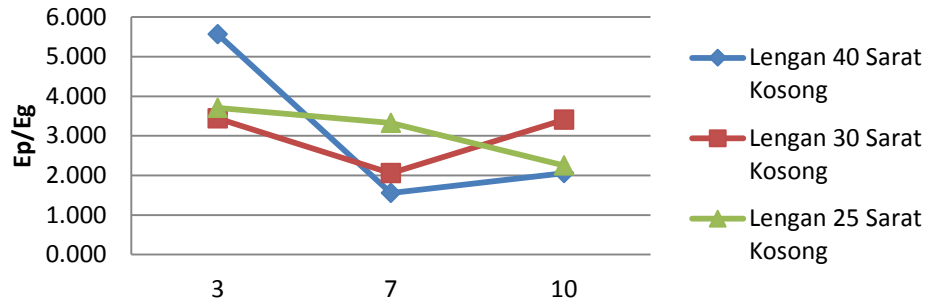
### Periode vs Gaya



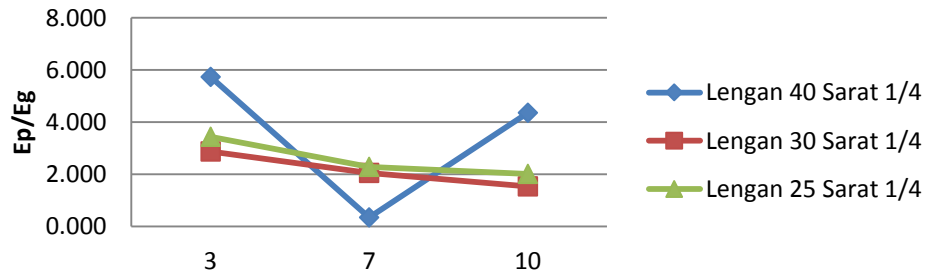
### Periode vs Gaya



### Periode vs Ep/Eg Sarat Kosong

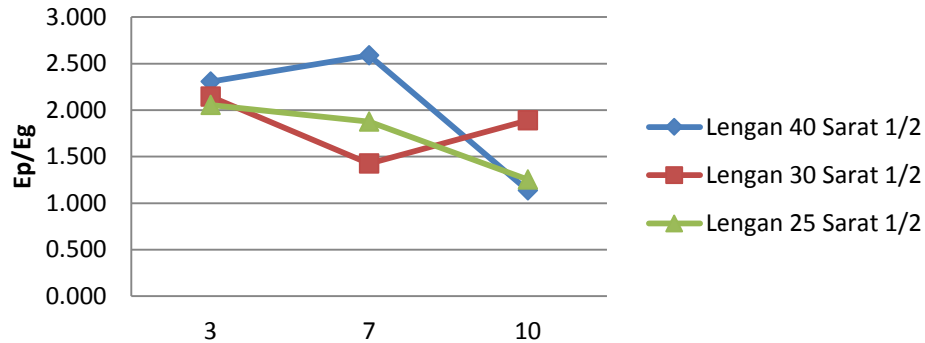


### Periode vs Ep/Eg Sarat 1/4

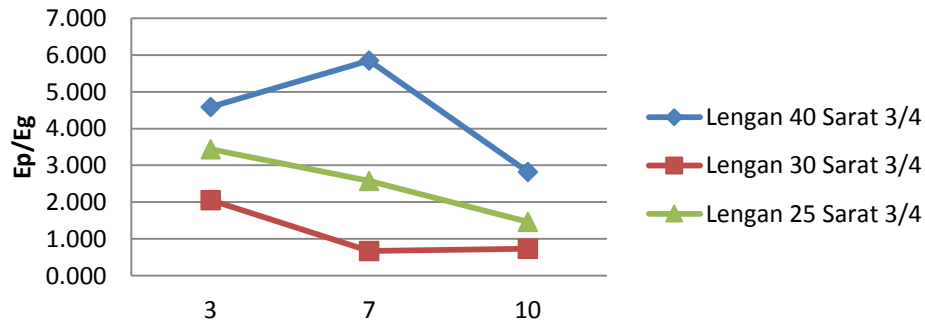




## Periode vs $E_p/E_g$ Sarat 1/2



## Periode vs $E_p/E_g$ Sarat 3/4



## BIODATA PENULIS



Penulis, Elvan Fajril Ibad terlahir di kota Lumajang pada tanggal 06 Maret 1991. Merupakan anak ke dua dari 2 bersaudara dari pasangan orang tua Abd. Rosyid, S.pd.I dan Dra.Mamik N.B, Masa kecil penulis dihabiskan di lumajang hingga lulus pendidikan sekolah menengah pertama. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan menengah atas dengan menyambi pendidikan agama di pesantren Zainul Hasan, Genggong, Pajarakan –Probolinggo Jawa Timur, hingga lulus SMA. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Citro Diwangsan 02 Lumajang, SMPN 04 Lumajang, dan SMA Unggulan Haf-sa ZAHA Pajarakan, Probolinggo. Penulis kemudian melanjutkan studinya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di tahun 2009 pada jurusan D3 Marine Engineering (ME)/ Teknik Permesinan Kapal di PPNS-ITS melalui jalur PMDK. Selama masa studi di PPNS-ITS penulis aktif menjabat sebagai Kadiv. Kominfo Himpunan Mahasiswa Teknik Permesinan Kapal selama 2 periode. Ketua ekstrakuler Basket selama 1 tahun. Penulis kemudian melanjutkan studi di S1 jurusan Sistem Perkapalan – ITS pada tahun 2013 melalui lintas jalur. Kemudian penulis memilih tugas akhir di bidang Marine Manufacturing Design (MMD).